

EMANUELE TELES OURIQUES DE MELLO

**O MERCADO BRASILEIRO PARA OS SENSORES
IMAGEADORES DIGITAIS SUBORBITAIS**

**Dissertação a ser submetida ao
Curso de Pós-graduação em
Engenharia Civil da Universidade
Federal de Santa Catarina, como
parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestre em
Engenharia Civil.**

Florianópolis

2002

O MERCADO BRASILEIRO PARA OS SENSORES IMAGEADORES DIGITAIS SUBORBITAIS

EMANUELE TELES OURIQUES DE MELLO

**Dissertação a ser submetida ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da
Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.**

Área de Concentração: Cadastro Técnico Multifinalitário

Orientador: Prof. Dr. Carlos Loch

Florianópolis

2002

MELLO, Emanuele Teles Ouriques de. **O mercado brasileiro para os sensores imageadores digitais suborbitais**. Florianópolis, 2002, 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Loch

Defesa: 22 / março / 2002

Resumo da dissertação:

Este trabalho aborda a inserção dos novos sensores aerotransportáveis digitais no mercado brasileiro avaliando suas características e potenciais. A utilização da Fotogrametria apresenta diversas vantagens, entre as quais o rápido trabalho de campo, exigindo um mínimo de permanência com equipes pequenas. Os argumentos mais marcantes a favor das câmaras eletrônicas atuais não estão centrados na qualidade da imagem, mas sim no prazo e na praticidade. Com uma câmara sem filme, pode-se ver uma imagem em instantes, às vezes segundos após capturá-la, e até mesmo escolher o melhor ângulo para obtê-la. A grande vantagem reside exatamente em eliminar o longo processo de obtenção da imagem via filme; evita-se o processo da revelação, digitalização do filme e trabalhos de edição da imagem na tela para obter uma versão digital de alta qualidade. Avaliando a qualidade da imagem (resolução espacial) e as características técnicas de cada tipo de sensor digital, percebe-se que ainda há campo para aperfeiçoamentos no que diz respeito ao custo e a qualidade de imagem. Para determinar a predisposição do mercado brasileiro em absorver estas novas tecnologias, fez-se uma pesquisa sobre as características de alguns destes novos sensores (DMC2001, ADS40, CASI, Laserscanner) e relacionou-as com os produtos oriundos do sistema em uso, utilizado como exemplo para este artigo o Sistema completo da Zeiss. A partir deste conhecimento, realizam-se as considerações quanto à utilização de sensores imageadores aéreos digitais não orbitais no mercado brasileiro, propriamente dita, envolvendo suas vantagens e desvantagens, certificação dos produtos; a mudança de paradigma; os custos; as aplicações; os clientes entre outros.

Palavras chaves: Sensores, mercado brasileiro.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em 22/03/2002.

Prof. Dr. Carlos Loch – Orientador – Moderador (ECV/UFSC)

Prof. Dr. Jucilei Cordini – Coordenador PPGE (ECV/UFSC)

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Hans-Peter Bähr – Universidade de Karlsruhe (Alemanha)

Prof. Dr^a Ruth Emília Nogueira Loch - (GCN/UFSC)

Prof. Dr. Jürgen Wilhelm Philips - (ECV/UFSC)

Prof. Dr. Jucilei Cordini - (ECV/UFSC)

*Dedico esta obra
aos meus pais
Alírio e Lucília*

AGRADECIMENTOS

Para a realização desta dissertação, foi imprescindível a colaboração daqueles que me cercam, pessoas com as quais gostaria de dividir este momento de alegria e o mérito da tarefa concluída, além de agradecê-las.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à Deus por permitir que eu cumprisse mais esta etapa da minha vida;

Aos meus pais, pelo apoio, incentivo, compreensão, amor e confiança;

Ao meu irmão, pelo apoio e concessões realizadas;

Ao Professor Carlos Loch, pelo privilégio de sua orientação, incentivo, repasse de conhecimentos e, principalmente, por sua amizade;

À Professora Ruth Emília Nogueira Loch, pela ajuda, amizade e por tê-la na banca examinadora;

Ao Professor Hans-Peter Bähr gostaria de agradecer, por me receber em Karlsruhe, e por participar da banca examinadora;

Ao Professor Jucilei Cordini por ter me orientado no início do desenvolvimento deste trabalho e também por sua amizade e auxílio além de sua participação na banca examinadora;

Ao Professor Jürgen Philips, pela ajuda, apoio e por participar da banca examinadora;

À amiga Priscila von Altmann, pelo companheirismo;

Aos amigos do Laboratório de Fotogrametria Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, em especial aos colegas Daniela Porto, Dalton Luiz Lemos II, Meire Franceschet e Francisco Henrique de Oliveira por toda sua ajuda para a realização deste trabalho;

Aos prezados Senhor Paulo Trino, Senhor Rudolph Spiller, Lothar Bihlmaier, Guillermo Andersson, Alois Philip, Betina Stehman, Uwe Lohr, por suas contribuições;

A todos aqueles que de alguma forma me apoiaram e incentivaram, viabilizando este trabalho.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
1.1	Apresentação.....	1
1.2	Justificativa	1
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	Objetivo Geral.....	3
1.3.2	Objetivos Específicos.....	3
1.4	Estrutura do trabalho.....	3
2	Revisão Bibliográfica.....	5
2.1	Cadastro Técnico Multifinalitário.....	5
2.1.1	Definições.....	5
2.1.2	Implantação do Cadastro Técnico Multifinalitário	7
2.1.3	Atividades cadastrais no Brasil	7
2.1.4	Atualização do cadastro técnico multifinalitário urbano.....	8
2.1.5	Vantagens do CTM	9
2.2	Sensoriamento Remoto	9
2.3	Classificação de Sensores	11
2.4	Fotogrametria.....	11
2.5	Fotogrametria Terrestre	12
2.6	Fotogrametria Aérea	15
2.7	Fotogrametria Digital.....	15
2.7.1	A Era Digital	15
2.7.2	Precisão da Fotogrametria Digital.....	17
2.7.3	Imagens digitalizadas	18
2.7.4	Uso de câmaras digitais.....	20
2.7.5	Câmaras digitais versus Câmaras Convencionais.....	21
2.7.6	Vantagens da Fotogrametria Digital	21
2.7.7	Desvantagens da Fotogrametria Digital	22

2.8	Resolução de Imagem.....	22
2.8.1	Resolução Espacial.....	23
2.8.2	Resolução Espectral	23
2.8.3	Resolução Radiométrica.....	23
2.8.4	Resolução Temporal.....	24
2.9	Fotointerpretação	24
2.10	Fotointerpretação Automática	25
3	Método Utilizado.....	27
3.1	Critério de Escolha dos Sensores Aéreos Abordados	27
3.2	Aquisição de Produtos	27
3.3	Materiais	28
3.3.1.1	Materiais utilizados em campo:.....	28
3.3.1.2	Materiais utilizados em escritório:	28
3.3.1.3	Software utilizados:	28
3.3.2	Método	29
3.3.2.1	Câmaras Utilizadas	29
4	Avaliação do Desempenho entre Sensores Imageadores Terrestres Analógicos e Digitais.....	30
4.1	Calibração das câmaras.....	30
4.1.1	Tomada das fotografias:.....	30
4.1.1.1	Modelo de calibração	30
4.1.1.2	Ajuste da tomada das fotos.....	30
4.1.1.3	Restrições no posicionamento	31
4.1.1.4	Posicionamento da câmara	32
4.1.1.5	Medida de distância exata no grid de calibração:.....	32
4.1.2	Transferência do arquivo digital das oito fotos para o disco rígido:.....	33
4.1.3	Início do programa de calibração da câmara:.....	33
4.1.4	Erros na calibração da câmara:.....	35
4.1.5	Elaboração de um produto.....	36
4.1.6	Restituição a partir do PhotoModeler.....	37
4.1.7	Análise dos resultados.....	45

5	Sistema Fotogramétrico Digital em uso	47
5.1	Reihenmekammer - RMK.....	47
5.2	Filmes Fotográficos	49
5.3	Produtos obtidos a partir da Reihenmekammer através da Fotogrametria Digital .	50
5.3.1	Digitalização de Imagens Usando Phodis SC/SCAI - nome novo depois da joint venture.....	51
5.3.1.1	Digitalização de Fotos Individuais:	52
5.3.1.2	Entrada dos Parâmetros na Digitalização	52
5.3.1.3	Entrada dos Arquivos de Parâmetros	53
5.3.1.4	Definição das Funções Fotogramétricas.....	53
5.3.1.5	Pré-digitalização (Prescan).....	53
5.3.1.6	Digitalização (SCAN)	54
5.3.2	Descrição Detalhada dos Produtos ImageStation.....	56
5.3.2.2	ImageStation Digital Mensuration (ISDM).....	56
5.3.2.3	ImageStation Stereo Display (ISSD).....	56
5.3.2.4	ImageStation Feature Collection (ISFC)	57
5.3.2.5	ImageStation DTM Collection (ISDC)	57
6	Novos Sensores Imageadores Aéreos Digitais Não Orbitais	58
6.1	Compact Airborne Spectral Imagery	58
6.2	Digital Modular Camera 2001	61
6.3	Laserscanner	66
6.4	Airborne Digital Sensor 40	72
7	Considerações quanto a Utilização de Sensores Imageadores Aéreos Digitais Não Orbitais no Mercado Brasileiro.....	76
7.1	Quanto às resoluções	78
7.1.1	Quanto à resolução espacial	78
7.1.2	Quanto à resolução espectral.....	78
7.1.3	Quanto à resolução radiométrica.....	79
7.2	Quanto às aplicações.....	79
7.3	Quanto ao tipo de produto	79

7.4	Quanto à certificação	80
7.5	Quanto à aquisição	80
7.6	Quanto à produtividade.....	81
7.7	Quanto aos recursos humanos.....	82
7.8	Quanto aos equipamentos	82
7.8.1	Tamanho dos arquivos	82
7.8.2	Compressão de arquivos	83
7.8.3	Aperfeiçoamento de hardware	85
7.9	Quanto à disponibilização.....	85
7.10	Quanto à mudança de paradigma.....	85
8	Referências Bibliográficas	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 Imagem da projeção do modelo de calibração.....	30
Figura 4.2 Posições para tomada de fotos do modelo de calibração.....	32
Figura 4.3 Janela do Camera Calibrator durante a calibração.....	35
Figura 4.4 Janela do Camera Calibrator apresentando o resultado da calibração.....	36
Figura 4.5 Janela de abertura de projetos no Photo Modeler.....	37
Figura 4.6 Janela do Photo Modeler com os dados da câmara.....	38
Figura 4.7 Janela do Photo Modeler para a inserção de fotos.....	38
Figura 4.8 Janela do Photo Modeler para marcação de pontos.....	39
Figura 4.9 Janela do Photo Modeler apresentando tabela de pontos relacionados.....	41
Figura 4.10 Janela do Photo Modeler apresentando o objeto 3D.....	41
Figura 4.11 Janela do Photo Modeler para aplicar textura.....	43
Figura 4.12 Janela do Photo Modeler para preparar o objeto.....	45
Figura 5.1 Câmara RMK Top.....	47
Figura 5.2 Sistema gerenciador do sensor.....	48
Figura 5.3 Berço para o sensor.....	49
Figura 5.4 Estabilizador do berço.....	49
Figura 5.5 Imagem oriunda da RMK Top.....	49
Figura 6.1 Sistema gerenciador do CASI.....	58
Figura 6.2 Imagem oriunda do CASI	59
Figura 6.3 Digital Modular Camera 2001.....	61
Figura 6.4 Componentes da DMC2001.....	62
Figura 6.5 Estrutura modular da DMC2001.....	63
Figura 6.6 Composição de imagens pancromáticas.....	63
Figura 6.7 Efeito do acesso ao conteúdo radiométrico e resolução espacial.....	64
Figura 6.8 Composição de mosaicos.....	64
Figura 6.9 Composição de imagens multiespectrais.....	65
Figura 6.10 Princípio de imageamento do Laserscanner.....	66
Figura 6.11 Princípio de ação dos raios.....	67
Figura 6.12 Imagem RGB e infravermelho falsa cor.....	68
Figura 6.13 Exemplo de produtos do Laserscanner.....	69
Figura 6.14 Exemplo de produtos do Laserscanner.....	69
Figura 6.15 Exemplo de produtos do Laserscanner.....	70
Figura 6.16 Exemplo de produtos do Laserscanner.....	70
Figura 6.17 Exemplo de produtos do Laserscanner.....	71
Figura 6.18 Exemplo de produtos do Laserscanner.....	71

Figura 6.19 Airborne Digital Sensor 40.....	72
Figura 6.20 Conceito de três linhas.....	74
Figura 6.21 Perspectiva.....	74
Figura 6.22 Imagem oriunda do ADS 40 antes da retificação.....	75
Figura 6.23 Imagem oriunda do ADS 40 depois da retificação.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Tabela de relações entre resoluções e tamanhos de arquivos.....	20
Tabela 5.1 Tabela sobre filmes fotográficos.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

µm –micrômetro

2D –duas dimensões

3D –três dimensões

ADS –Airborne Digital Sensor

ASC –American Standard Code

BMP – Bitmap (extensão de arquivo gráfico)

CAAD – Computer Aided Arquitetural Design

CAD - Computer Aided Design

CASI – Compact Airborne Spectral Imagery

CCD – Charge Coupled Device

CD – Compact Disk

cm- centímetro

CR – Razão de Compressão

CTM – Cadastro Técnico Multifinalitário

DXC – Delta Clipper Experimental

DIB – Device Independent Bitmap

DMC – Digital Modular Câmera

DOS – Disk Operacional System

Dpi – dots per inch (pontos por polegada)

DSM – Digital Surface Model

DTM – Digital Terrain Model

DXF – Data Exchange Format

FIG – Fédération Internationale des Géomètres

FMC – Forward Motion Compensation

GIF – Graphics Exchange Format

GPS – Global Positioning System

IFF – Interchangeable File Format

INS – Inertial Navigation System

IR – Infra red

ISDC – Image Station DTM Collection

ISDM – Image Station Digital Mensuration

ISFC – Image Station Feature Collection

ISPRS – Image Station Photogrammetric Manager

ISSD – Image Station Stereo Display

JPEG – Joint Photographic Group

LCD – Liquid Crystal Display

LH Systems – Leica Helava Systems

m – metro

MB – Megabyte

mm – milímetro

nm – nanômetro

PMR – arquivo gerado pelo PhotoModeler

POS – Positioning and Orientation System

PSD – arquivo gerado pelo Photoshop

RGB – red, green, blue

RMK – Reihenmeßkammer

s – segundo

SCAI – scanner Zeiss

SERPHAU – Serviço Federal de Habitação e Urbanismo

SIG – Sistema de Informações Geográficas

TGA – Targa Format

TIFF – Tagged Imaged File

TXT – text files

UNIX – sistema operacional

VRML – Virtual Reality Modelling Language

WMF – Windows Metafile Format

WPG – Word Perfect Files

ZI Imaging - Zeiss Intergraph Imaging

RESUMO

MELLO, E. T. O. **O mercado brasileiro para os sensores imageadores digitais suborbitais**. Florianópolis, 2002, 91p – UFSC, Santa Catarina.

Este trabalho aborda a inserção dos novos sensores aerotransportáveis digitais no mercado brasileiro avaliando suas características e potenciais. A utilização da Fotogrametria apresenta diversas vantagens, entre as quais o rápido trabalho de campo, exigindo um mínimo de permanência com equipes pequenas. Os argumentos mais marcantes a favor das câmaras eletrônicas atuais não estão centrados na qualidade da imagem, mas sim no prazo e na praticidade. Com uma câmara sem filme, pode-se ver uma imagem em instantes, às vezes segundos após capturá-la, e até mesmo escolher o melhor ângulo para obtê-la. A grande vantagem reside exatamente em eliminar o longo processo de obtenção da imagem via filme; evita-se o processo da revelação, digitalização do filme e trabalhos de edição da imagem na tela para obter uma versão digital de alta qualidade. Avaliando a qualidade da imagem (resolução espacial) e as características técnicas de cada tipo de sensor digital, percebe-se que ainda há campo para aperfeiçoamentos no que diz respeito ao custo e a qualidade de imagem. Para determinar a predisposição do mercado brasileiro em absorver estas novas tecnologias, fez-se uma pesquisa sobre as características de alguns destes novos sensores (DMC2001, ADS40, CASI, Laserscanner) e relacionou-as com os produtos oriundos do sistema em uso, utilizado como exemplo para este artigo o Sistema completo da Zeiss. A partir deste conhecimento, realizam-se as considerações quanto à utilização de sensores imageadores aéreos digitais não orbitais no mercado brasileiro, propriamente dita, envolvendo suas vantagens e desvantagens, certificação dos produtos; a mudança de paradigma; os custos; as aplicações; os clientes entre outros.

Palavras chaves: Sensores, mercado brasileiro.

ABSTRACT

MELLO, E. T. O. **The brazilian market to the suborbital digital imagery sensors.** Florianópolis, 2002, 91p – UFSC, Santa Catarina.

This work approaches the insertion of the new airborne digital sensor in the Brazilian market evaluating their characteristics and potentials. The use of Photogrammetry presents several advantages, among them the fast field work, demanding a minimum of permanence in field with small teams. The most outstanding arguments in favour of the current electronic cameras are not centered in the quality of the image, but in the period and in the practical. With a camera without a film, you can see an image in instants, sometimes seconds after capturing it and even choosing the best angle to obtain it. The great advantage resides exactly at eliminating the long process of obtaining the image through film; it is avoided the process of the revelation, digitalization of the film and works of edition of the image in the screen to obtain a digital version of high quality. Evaluating the quality of the image (spatial resolution) and the characteristics techniques of each type of sensor digital, it is noticed that there is still field for improvements in what concerns the cost and the image quality. To determine the predisposition of the Brazilian market in absorbing these new technologies, it was made a research on the characteristics of some of these new ones sensor (DMC2001, ADS40, CASI, Laserscanner) and relate them with the products originated from of the system in use, used as an example for this article the complete System of Zeiss. Starting from this knowledge, take place the considerations with relationship to the use of the airborne digital sensors at the Brazilian market, involving their advantages and disadvantages, certification of the products; the paradigm change; the costs; the applications; the customers among others.

Keywords: Sensors, Brazilian market.

1 Introdução

1.1 Apresentação

A Fotogrametria tem sofrido um desenvolvimento tecnológico muito grande. No início da década de 1980 surgiu a Fotogrametria analítica, porém com sérios problemas por causa da baixa capacidade computacional de máquina.

Nesta década surgiram vários restituidores da então Kern, Wild, e da Zeiss. Estes equipamentos tinham custos elevados e grandes dimensões, ocupando salas grandes, exigindo as maiores e melhores máquinas que as que se dispunha na época. Atualmente estes equipamentos, evidentemente ainda estão em uso, mas são gerenciados por pequenos computadores, uma vez que somente trabalham com restituição em formato vetorial.

A partir da década de 1980, desenvolveu-se de maneira impressionante a Informática tornando-se cada vez mais acessível aos usuários.

Em função deste avanço extraordinário, no final da década de 1980, surge a Fotogrametria Digital e somente no final da década de 1990, é que esta tecnologia se tornou realidade plena no Brasil, quando as empresas passaram a adotar os sistemas digitais.

Nestes últimos anos, quase todos os grandes fabricantes tem lançado equipamentos, ou melhor, sistemas fotogramétricos digitais compreendendo desde câmaras preparadas para vôo apoiado, módulos de escanização dos diapositivos, processamento para aerotriangulação totalmente automatizado, até restituição realizada totalmente em meio digital, gerando-se a partir destas as cartas de traço, modelo digital do terreno, e finalmente, é possível produzir-se as ortofotocartas digitais.

Quando se imagina uma contratante como uma prefeitura, secretarias de governo ou mesmo as empresas privadas, percebe-se o interesse que o potencial destas inovações provoca entre as diferentes alternativas de produtos diretos e principalmente aqueles produtos derivados que somente a informática permite que se produza.

1.2 Justificativa

O Cadastro Técnico se apresenta como um sistema de registro de uma área de interesse, o qual deve ser descritivo, padronizado e vincular-se à uma base cartográfica bem definida; e ainda, a necessita de se fazer uso de técnicas mais rápidas e confiáveis na obtenção das informações. Isto faz com que o Sensoriamento Remoto - particularmente a

Fotogrametria Aérea - se coloque em vantagem em relação aos outros métodos de aquisição de dados, quando o objeto de contrato for uma grande área.

Segundo LOCH (1989) , o uso atual do solo bem como suas mudanças ao longo do tempo (informações básicas para legisladores, planejadores e funcionários de prefeituras), são adequadamente registradas e acompanhadas através do Cadastro Técnico Multifinalitário, permitindo a adoção de uma melhor política de uso da terra, projetar infraestrutura e serviços públicos necessários, além de implantar planos efetivos de desenvolvimento do regional ao local.

A utilização da Fotogrametria terrestre digital no cadastramento apresenta diversas vantagens, entre as quais: a de não haver a necessidade de tocar o objeto durante o processo de levantamento, não havendo prejuízo para a edificação; a segurança para a equipe de trabalho, na medida em que não apresenta risco como o de subir em alturas ou aproximar-se de estruturas com risco de desabamento; o rápido trabalho de campo, exigindo um mínimo de permanência em campo, e, com equipes pequenas. Os argumentos mais marcantes a favor das câmaras eletrônicas atuais não estão centrados na qualidade da imagem, mas sim no prazo e na praticidade. Com uma câmara sem filme, pode-se ver uma imagem em instantes, às vezes segundos após capturá-la, e até mesmo escolher o melhor ângulo para obtê-la. A grande vantagem reside exatamente em eliminar o longo processo de obtenção da imagem via filme; evita-se o processo da revelação, digitalização do filme e trabalhos de edição da imagem na tela para obter uma versão digital de alta qualidade.

Avaliando a qualidade da imagem (resolução espacial) e as características técnicas de cada tipo de câmara digital, percebe-se que ainda há campo para aperfeiçoamentos no que diz respeito ao custo e a qualidade de imagem. Se considerarmos a Fotogrametria Terrestre como precursora da Aérea, como acontece sempre, pode-se entender a aplicação desta nova tecnologia digital também nesta linha.

Considerando estes fatores, conclui-se ser imprescindível um estudo preventivo do uso e aplicação dos novos equipamentos que estão sendo lançados no mercado, assim como sua aplicabilidade direcionada ao mercado brasileiro.

Deve-se deixar claro que as imagens aéreas ou terrestres, digitais ou de filme, trazem velocidade para avaliações de provas periciais, no entanto, jamais será dispensado o trabalho de campo , confirmando-se a medida de detalhes, elementos não capturados pela imagem, medidas internas de edificações, etc.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Comprovar, mediante uma comparação de resultados previamente obtidos, as vantagens e os pontos fracos do uso de câmaras aéreas digitais, realizando um estudo de aprimoramento baseado nas necessidades do mercado consumidor.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a qualidade dos produtos oriundos de sensores analógicos terrestres
- Avaliar a qualidade dos produtos oriundos de sensores analógicos aéreos
- Avaliar a qualidade dos produtos oriundos de sensores digitais terrestres
- Avaliar a qualidade dos produtos oriundos de sensores digitais aéreos
- Avaliar as diferenças entre os sensores digitais disponíveis no mercado, bem como suas vantagens e desvantagens
- Confrontar as resoluções das câmaras analógicas com as resoluções dos sensores digitais
- Avaliar a disposição do mercado brasileiro em suportar os novos sensores digitais

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em onze capítulos, distribuídos da seguinte forma:

Capítulo 1: é o capítulo em questão, a apresentação e objetivos da dissertação;

Capítulo 2: apresenta-se a fundamentação teórica do assunto, de modo a aprofundar e conhecer os temas a serem abordados na dissertação;

Capítulo 3: nesta etapa, será apresentado o método utilizado para a elaboração do trabalho, e ainda, são apresentados os critérios de escolha dos sensores aéreos digitais no mercado a serem abordados por este trabalho; assim como o destino dos créditos para a aquisição dos produtos para que fosse possível o desenvolvimento do trabalho,

Capítulo 4: aqui, aborda-se a análise do desempenho entre produtos oriundos de sensores imageadores terrestres analógicos e digitais, onde avaliando e comparando os resultados obtidos a partir de restituições de um mesmo objeto, utilizando um mesmo software, sendo que para cada uma das restituições serão utilizados produtos de um sensor digital (caso 1), e de um sensor analógico (caso 2),

Capítulo 5: uma explanação a respeito do sistema fotogramétrico digital em uso;

Capítulo 6: apresentam-se aqui as características dos sensores imageadores aéreos digitais a serem abordados;

Capítulo 7:é neste capítulo, que a partir de todo o conhecimento previamente abordado, realiza-se as considerações quanto a utilização de sensores imageadores aéreos digitais não orbitais no mercado brasileiro, propriamente dito, envolvendo suas vantagens e desvantagens, certificação dos produtos; a mudança de paradigma; os custos; as aplicações; os clientes, etc.

Capítulo 8: é apresentado as referências bibliográficas utilizadas no decorrer do trabalho.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Cadastro Técnico Multifinalitário

2.1.1 Definições

Afirma Silva (1982): “Não se sabe bem ao certo a origem da palavra – cadastro. Uns dizem ter vindo do grego katastizô (distinguir por pontos). Outros, acham que veio do baixo latim capistratum (de capitias), capacidade, ou então de caput (capitilia) - cabeça. Na Idade Média chamavam-se capitastra os registros públicos que reuniam as declarações dos prontosuários, da qual se transformou, por corrupção, em catastra, que se conservou nas línguas neolatinas quase que com a mesma forma (catastro em italiano; cadastre, em francês; e o cadastro em nosso idioma)”.

O termo em si varia significativamente de um idioma para outro, ou de um país para outro, quando é considerada a tradução direta da palavra: cadastro técnico, cadastro imobiliário, cadastro de terras, cadastro multifinalitário... O que não lhe tira, a pesar de algumas diferenciações, a sua essência que consiste em ser um "registro público, que usualmente compreende a quantidade, o valor e os limites das parcelas de terra de um país ou uma área administrativa" (AUSLIG, 2000)

O conteúdo e as finalidades dos sistemas cadastrais modificam-se durante o tempo histórico e diferenciam-se de um país para o outro. Porém, as necessidades atuais de Gestão e do Planejamento em informação verídica e atualizada sobre um determinado espaço fazem com que, de uma forma comum, o Cadastro Técnico, defina-se como “o registro oficial e sistemático do serviço público de um determinado território ou jurisdição de lotes e parcelas em forma: (a) gráfico(planta cadastral na escala grande) e (b) descritivo (número de parcela, proprietário, área, uso atual, etc.)”, utilizado como base para outros registros oficiais e particulares, assim como para arrecadação de impostos imobiliários e territoriais (GEODESIA-online, 2000). A definição acima desciminada consta na declaração sobre o Cadastro da Fédération Internationale des Géomètres (FIG) e é internacionalmente reconhecida.

Atualmente, quando o domínio da informação representa um poder real sobre o território, nitidamente estão em vantagem os países com sistemas cadastrais históricos (como, por exemplo, Alemanha) ou que investiram fortemente e com certa regularidade na

criação dos sistemas cadastrais multifinalitários ao nível nacional (Canadá, Austrália, Portugal, Rússia...).

O Cadastro Técnico Multifinalitário como um sistema de informação que integra dados diversificados, com fins de satisfazer as necessidades de vários setores socioeconômicos representa um sistema integrado de informação numa determinada escala espacial.

LOCH ET AL (1984) define o cadastro como um sistema de registro de uma área de interesse, o qual deve ser descritivo, padronizado, devendo ter uma base cartográfica bem definida.

Segundo MELO (1985) pode-se entender cadastro como um conjunto de conhecimentos registrados de uma determinada realidade, dispostos de forma organizada e estabelecidos para um determinado fim.

Cadastro Técnico Multifinalitário deve ser entendido como um sistema de registro da propriedade imobiliária, feito de forma geométrica e descritiva, constituindo-se desta forma, o veículo mais ágil e completo para a parametrização dos modelos explorados de planejamento, sempre respaldados quanto à estruturação e funcionalidade. É imprescindível que as informações sejam posicionadas espacialmente sobre a superfície terrestre global da área de interesse.(BLACHUT - 1974)

Para RUTHKOWSKI (1987), o cadastro é um conjunto de informações que permite a qualquer pessoa, órgão ou empresa conhecer a realidade de um imóvel tanto a nível geométrico, dimensões, superfície, localização, como também ao uso deste mesmo imóvel.

O Cadastro Técnico Multifinalitário é fundamentado em diversos mapas temáticos entre eles a estrutura fundiária, o uso do solo, declividade, etc., os quais permitem que o técnico tenha uma visão clara do que existe em cada propriedade, o que se pode produzir, e opções de produção.(LOCH, 1990)

Conforme MELO (1985), o Cadastro Técnico Multifinalitário é a ferramenta ideal para o planejamento, por conter informações setoriais sobre temas específicos, os quais são interrelacionados, de modo que um dado só tem significado se estiver posicionado em relação à superfície terrestre global do país ou região.

Resumindo sinteticamente esta ampla e complexa concepção do CTM LOCH (1998) define-o como um sistema composto por três partes integrantes que são "*a Medição, a Legislação e a Economia*"

2.1.2 Implantação do Cadastro Técnico Multifinalitário

Segundo BÄHR (1982), o sistema cadastral deve ser entendido como o sistema de registros de dados que caracterizam uma determinada área de interesse. Esses registros são feitos de forma descritiva e sempre apoiados em uma base cartográfica.

Portanto, a implantação de um sistema cadastral deve visar o fornecimento de informações tais como: a localização geográfica dos imóveis, a finalidade a que se destina estes imóveis, a situação dos mesmos quanto à titulação, etc.

Segundo o mesmo autor, os requisitos básicos para a implantação de um sistema cadastral ideal são:

- cadastro deve ser completo: no caso do cadastro urbano, deve abranger todo o perímetro urbano e com o maior número de informações possível, num curto espaço de tempo;
- cadastro deve ser ligado ou integrado ao mapeamento sistemático nacional: só assim possibilita a avaliação municipal num contexto regional ou global, permitindo melhores ações de planejamento;
- cadastro deve servir para múltiplas finalidades: quanto maior o número de informações, maior o número de benefícios gerados;
- cadastro deve ser atualizado constantemente: desta forma, pode-se confiar, sem restrições, nas informações extraídas do mesmo.

LOCH (1989) define como finalidades do cadastro as seguintes atividades:

- coletar informações descritas;
- manter atualizado o sistema conjunto de informações de cada propriedade imobiliária;
- manter atualizado o sistema cartográfico, com sua malha de pontos conhecidos do terreno;
- deixar à disposição do usuário a ter acesso público as informações.

2.1.3 Atividades cadastrais no Brasil

O Cadastro no Brasil teve início nos tempos do Império, como ferramenta para controle dos negócios de mineração. Baseava-se no conceito de que o cadastro é um rol de bens ou coisas que pertencem a alguém. Somente por intermédio da Constituição Federal de 1946, o termo cadastro é relacionado com o registro de terras.

A Constituição de 1946 definiu e assegurou aos municípios brasileiros a autonomia para a decretação de impostos e, desta forma, começaram a surgir os primeiros cadastros com fins fiscais, objetivando cobrar impostos prediais e territoriais urbanos.

O conceito de cadastro técnico surgiu no início da década de 70, através do Serviço Federal de Habitação e Urbanismo (SERFHAU), superando o simples objetivo de arrecadação de impostos.

Atualmente no Brasil, poucos municípios dispõem de um cadastro técnico com dados confiáveis e onde a base cartográfica esteja atualizada. Desta forma, torna-se inviável fazer um planejamento urbano adequado à realidade de cada município.

2.1.4 Atualização do cadastro técnico multifinalitário urbano

A desatualização do mapeamento e as alterações rápidas que ocorrem no meio urbano, faz com que haja a necessidade de se verificar periodicamente as condições em que se encontram os terrenos.

As mudanças ocorrem principalmente em loteamentos implantados, lotes desmembrados, novas edificações, mudanças no sistema viário e outras alterações que desatualizam o cadastro imobiliário.

O monitoramento do uso do solo é imprescindível para a existência de um mapeamento sistemático e preciso geometricamente, e é necessária uma escolha adequada do sensor e das vantagens e limitações que cada um oferece.

A necessidade de se fazer uso das técnicas rápidas e de confiabilidade, faz com que o sensoriamento remoto se coloque em vantagem em relação aos outros métodos, pois, segundo LOCH (1989), em áreas urbana e rural, bem como suas mudanças (base de conhecimento para legisladores, planejadores e funcionários dos governos estaduais e locais), esta técnica permite que se realize uma melhor política de uso da terra, projetar necessidades de infra-estrutura e serviços públicos, além de implantar planos efetivos de desenvolvimento regional.

Em quase todos os grandes aglomerados urbanos brasileiros, os cadastros de imóveis e de rede de infra-estrutura sofrem dos mesmos males: insuficiência de recursos, falta de integração.

De acordo com BÄHR (1989), a permanente modificação dos dados exige que as informações tenham um sistema de comunicação bem organizado. As informações cadastrais necessitam de uma administração efetiva e imparcial, com capacidade para atualizar tais informações, de forma constante e contínua.

Para que isto ocorra de forma eficiente, duas atividades devem ser implementadas: a operacional e a inspeção periódica. No sistema operacional procura-se agilizar todas as possibilidades para atualização diária das informações. Por outro lado, a inspeção periódica permitirá detectar as mudanças físicas que ocorreram e que não foram detectadas no controle do sistema operacional.

2.1.5 Vantagens do CTM

As experiências mundiais demonstraram que a existência do Cadastro Técnico diminui consideravelmente a quantidade de erros, facilita as operações com as terras e os imóveis, coordena os fluxos de informações e diminui os custos das escrituras e dos negócios. É óbvio que a exploração efetiva desse sistema exige a cooperação de diversas estruturas governamentais e privadas, já que cada uma irá dispor de informações necessárias para a solução das tarefas de terceiros. O Cadastro permite que os dados transitem sem duplicação e cruzamento de funções administrativas ou técnicas.

O CTM cria a infraestrutura necessária para a implantação (MILLER e GURAVLEV, 1996) de:

- sistemas simples e coordenados de registro imobiliário;
- sistemas municipais (regionais) do planejamento de uso do solo;
- projetos ou esquemas de ordenamento do espaço rural;
- definições de prioridades para o comércio, indústria e investimentos privados;
- sistemas integrais de gestão financeira e administrativa;
- assim também, como outros sistemas de informação territorial, sobretudo os da gestão ambiental.

Considerando o acima exposto, podemos concluir que o Cadastro Técnico é uma base indispensável para o inventário complexo e integrado do espaço. O Cadastro permite avaliar conseqüentemente e na íntegra o contexto espacial existente e tomar decisões adequadas sobre as estratégias globais ou setoriais de superação dos problemas do desenvolvimento de diversa índole (social, econômico, legislativo, ambiental, etc

2.2 Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto é uma ciência cujo conceito é passível de muitas interpretações.

As definições menos precisas como do Berliant (1997), apresentam o Sensoriamento Remoto como : “(...) a aquisição de dados sobre a Terra (ou outros

planetas), com auxílio de técnicas aérea, espacial e dos navios. O Sensoriamento Remoto executa-se com ajuda dos sistemas fotográficos, televisivos, sistemas - scanner e os acústicos, radiolocadores, magnetômetros, gravímetros e outra técnica que registra a radiação própria ou refletida dos objetos ou as características físicas dos campos planetários".

KRAMER (1996), define Sensoriamento Remoto com a medição ou aquisição de informações sobre algumas propriedades de um determinado objeto ou fenômeno, sem contato físico.

CAMPBELL (1996), por sua vez, dá uma definição mais especificada segundo os propósitos do estudo pretendido e baseado na análise da evolução substancial do conceito, assim compreende: "O Sensoriamento Remoto - é uma prática de aquisição da informação sobre a superfície terrestre e das águas, utilizando as imagens adquiridas a partir da perspectiva vertical, com emprego da radiação electromagnética numa ou em várias zonas do espectro electromagnético, refletido ou emitido pela superfície terrestre". O referido autor afirma que o Sensoriamento Remoto constitui um processo de investigação composto por quatro etapas principais:

- identificação dos objetos físicos;
- sensoriamento de dados;
- transformação da informação adquirida;
- aplicação prática da informação em diversas áreas científicas.

Já PONZONI (1992), diz que o Sensoriamento Remoto, não é uma ciência, mas sim um conjunto de técnicas que se valem da interação entre a radiação eletromagnética e os recursos naturais existentes na superfície terrestre, chamados de alvos, que são objetos de estudo. Outro conceito é expressado por LOCH (1989), que define Sensoriamento Remoto como o conjunto de atividades, cujo objetivo reside na caracterização das propriedades de alvos naturais, através de detecção, registro e análise de fluxo de energia radiante, refletido ou emitido pelos mesmos.

Entretanto, em todas as definições ocasionalmente analisadas prevalece o fato de o Sensoriamento Remoto consistir na aquisição de dados sobre os objetos sem o contato físico com eles através dos sensores que operam com os diversos tipos de energia.

Com a evolução do Sensoriamento Remoto, observa-se uma gradual substituição dos métodos analógicos pelos digitais. Os principais tipos de sistemas sensores existentes são as câmaras fotogramétricas(frame systems), os sensores de varredura (scanners) e os radares imageadores. De modo geral, esses sensores ainda podem ser subdivididos entre os

que operam na parte ótica do espectro eletromagnético (que vai do visível ao infravermelho termal), abrangendo as câmaras fotogramétricas e scanners e os que operam na parte das microondas, que incluem os radares. Imagens geradas por sensores que atuam nestas diferentes partes do espectro eletromagnético, são portanto complementares em termos do tipo de informação que fornecem e sempre que possível devem ser utilizadas em conjunto.

2.3 Classificação de Sensores

De acordo com KRAMER (1996), existem diferentes tipos de classificação de sensores, por exemplo:

- Quanto ao tipo de aplicação, ou seja, o campo de pesquisa ou operação, como: meteorologia, pesquisas atmosféricas, climatologia, biosfera, telecomunicações, etc.
- Quanto ao tipo de alvo principal: oceanos, terra, regiões costeiras, placas de gelo, ou atmosfera.
- Quanto à frequência : ultra violeta, ótico, infravermelho, microondas, etc.
- Quanto ao tipo de instrumento: imageador, altímetro, sonoro, microondas
- Quanto à precisão da medida em função das resoluções;
- Quanto a fonte de energia, os sistemas sensores podem ainda ser classificados em:

a) Ativos: que produzem sua própria radiação (operam na faixa de microondas);

b) Passivos: detectam a radiação solar refletida ou a radiação emitida pelos objetos da superfície.

- Já quanto ao tipo de produto, são classificados em:

a) Imageadores: fornecem como produto uma imagem

b) Não imageadores: não fornecem uma imagem da superfície sensorizada, sua saída de dados é em forma de dígitos, gráficos ou assinatura espectral.

2.4 Fotogrametria

Considerando a fotografia como fonte essencial de informações, nasceu a Fotogrametria, definida segundo KRAUSS(1993), como a técnica ou a ciência aplicada que tem por finalidade determinar a forma, as dimensões e a posição dos objetos contidos numa fotografia. Essa definição baseia-se, no caráter de medições, entretanto, a habilidade de interpretar a fotografia é tão importante quanto a de medi-la.

Segundo LOCH (1994), Fotogrametria é a "ciência e a tecnologia de obter informações seguras a respeito de objetos físicos e do meio, através de processos de registro, medição e interpretação de imagens fotográficas".

A Fotogrametria pode ser definida como a ciência, arte e tecnologia para a determinação de informações precisas de objetos e o meio ambiente, a partir do registro, mensuração e interpretação de imagens fotográficas (ASPRS, 1980; COOPER & ROBSON, 1996; FRYER, 1996; LOCH & LAPOLLI, 1994).

Entre os maiores benefícios da Fotogrametria sobre outros procedimentos de campo pode-se citar: o aumento da precisão, a informação da construção mais completa, custos reduzidos, além do tempo reduzido a campo. Estes benefícios são resultados da substituição de medidas de campo por medição das imagens. Isto remove a necessidade do acesso físico em cada ponto que a medida é necessária.

Através de vários anos de aplicação, a Fotogrametria verificou ser um eficiente e econômico método viável para agrupamento de dados espaciais.

A Fotogrametria é dividida em categorias, de acordo com o tipo de fotografias usadas e com os objetivos do seu uso. Quando as fotografias são tomadas a partir de centros de estação situados na superfície do terreno, a modalidade empregada enquadra-se como Fotogrametria Terrestre. Neste caso, se o eixo ótico da câmara utilizada é horizontal, a fotografia é denominada Fotografia Horizontal. As fotografias obtidas com câmaras montadas em aeronaves ou espaçonaves, enquadram-se na categoria da Fotogrametria Aérea ou Aerofotogrametria. Sendo o eixo ótico da câmara vertical, a fotografia resultante é denominada Fotografia Vertical.

A aérea funciona como a maior ferramenta de aquisição de dados para sistemas de informações geográficos, enquanto isso, a Fotogrametria a curta distância está se tornando cada vez mais importante para aplicações CAD. (SHIH, 1996)

2.5 Fotogrametria Terrestre

A Fotogrametria à curta distância é um dos ramos da ciência fotogramétrica. O termo "Fotogrametria à curta distância" apareceu recentemente, complementando o termo Fotogrametria terrestre.

A Fotogrametria terrestre foi a ciência precursora, uma vez que na época do seu aparecimento, em meados do século passado ainda não existiam aeronaves. Posteriormente passou-se a fotografar de balões e aeroplanos, surgindo então a Fotogrametria aérea.

Na Fotogrametria terrestre são utilizadas fotografias tiradas de estações fixas e geralmente de posições determinadas sobre o terreno, com o eixo ótico da câmara na posição horizontal, sendo considerada Fotogrametria a curta distância, quando câmara-objeto não ultrapassa os 300 metros para a Fotogrametria terrestre e os 1000 metros para Fotogrametria aérea.

A Sociedade Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto (ASPRS) enumera as seguintes aplicações para a Fotogrametria terrestre a curta distância, tais como:

- análise detalhada de fachadas de prédios, servindo para a recuperação de estruturas ou para trabalhos de arquitetura;
- para mapeamento topográfico, auxiliando nos trabalhos de campo, uma vez que, além de obter os dados com o teodolito, ainda obtém a imagem do local; usada em locais de difícil acesso e de grande interesse;
- na evolução de escavações ou explorações em minas ou reservas quaisquer;
- aplicações na agricultura, ecologia, florestas, arqueologia, criminologia, oceanografia e acidentes de tráfego.

Das muitas aplicações da Fotogrametria a curta distância, o campo da Fotogrametria arquitetural e arqueológica tem se tornado um dos mais estabelecidos e mais bem conhecidos. Na arquitetura, o uso mais freqüente das técnicas fotogramétricas tem sido a representação de fachadas ou elevações de estruturas e edificações históricas.

Nos tempos clássicos da Fotogrametria arquitetural éramos limitados a câmaras, instrumentos e casos especiais. Atualmente, a Fotogrametria é possível quase que com qualquer câmara, instrumentos mais simples e está muito mais flexível. Câmaras baratas e sistemas fotogramétricos de restituição mais simples estão em uso e estão sendo cada vez mais desenvolvidos. GRÜN (1992)

Conforme COELHO et al (1999), as técnicas de Fotogrametria à curta distância associadas a novas tecnologias de imagens digitais representam uma poderosa ferramenta para documentação e descrição de objetos, sendo vasto o mercado onde podem ser utilizadas. As metodologias são desenvolvidas em cada caso particular, através da análise e controle das variáveis envolvidas.

Ainda de acordo com este autor, podemos apontar uma série de vantagens do uso da Fotogrametria como método de medição sobre as técnicas de levantamento clássico:

- a estereoscopia é a base para o traçado dos contornos dos objetos;
- objeto não é tocado durante a medição;
- podem ser medidos movimentos e deformações;

- a aquisição rápida de grandes volumes de dados;
- os fotogramas armazenam grandes quantidades de informações semânticas e geométricas;
- os fotogramas podem ser medidos a qualquer momento que se desejar, a medição pode ser repetida várias vezes;
- as fotografias são documentos legais, relativos à época de sua tomada;
- a precisão pode ser aumentada de acordo com as necessidades particulares de cada projeto;
- superfícies complicadas e movimentos podem ser facilmente determinadas com a densidade desejada.

Existem, contudo, algumas desvantagens que são obstáculos para uma aplicação generalizada desta ciência:

- devem existir condições para que seja possível fotografar o objeto;
- erros durante o processo podem arruinar todo o projeto;
- resultado da medição não estará disponível imediatamente, pois será gasto algum tempo com o processamento fotogramétrico dos dados e sua posterior análise;
- a presença de um profissional especializado é indispensável para que o trabalho apresente os resultados esperados;
- equipamento utilizado é especializado e geralmente é caro;
- nem sempre é possível dispor de instrumental e pessoal especializado.

Segundo TOMASELLI (1983), podemos enumerar uma série de aplicações da Fotogrametria à curta distância:

- levantamentos de fachadas de monumentos históricos, estátuas e edificações, , garantindo sua restauração e até mesmo reconstrução no caso de destruição;
- na indústria automobilística;
- reconstituição de acidentes de trânsito;
- levantamento de pormenores com o objetivo de estudar a geologia de uma região;
- aplicações na medicina com o uso da Fotogrametria e imagens de raio-X;
- controle de deslocamentos de estruturas de concreto;
- controle de encostas.

Ainda de acordo com este autor, as aplicações não estão restritas às mencionadas. Em qualquer problema que exija a medição precisa de objetos, a Fotogrametria estará presente como solução possível.

2.6 Fotogrametria Aérea

Por definição, como já havia citado anteriormente, temos que as fotografias obtidas com câmaras métricas montadas em aeronaves ou espaçonaves enquadram-se na categoria da Fotogrametria Aérea ou AeroFotogrametria. Sendo o eixo ótico da câmara vertical, a fotografia resultante é denominada Fotografia Vertical.

A Fotogrametria aérea funciona como a maior ferramenta de aquisição de dados para sistemas de informações geográficos, enquanto isso, a Fotogrametria a curta distância está se tornando cada vez mais importante para aplicações CAD. (SHIH, 1996)

As fotografias aéreas podem ser consideradas como os produtos do sensoriamento Remoto mais conhecido para trabalhos de mapeamento. Estas fotografias são geradas basicamente a partir de câmaras fotogramétricas acopladas em aeronaves, que voam em baixa altitude, se compararmos com as altitudes de órbita dos satélites.

No Brasil, a amplitude da escala das fotos aéreas varia de 1:4000 até 1:160000, mostrando desta forma a flexibilidade da técnica para fins de mapeamento. Uma das grandes inovações na Fotogrametria para fins de mapeamento, se deve a utilização de sistemas de posicionamento acoplados à aeronave. Este sistema, chamado de vôo apoiado, possibilita determinar as coordenadas dos pontos correspondentes aos centros perspectivos das fotos. A partir da Fotogrametria aérea, podem ser executados vários tipos de mapeamento, desde que escolha-se o tipo correto de filme.

2.7 Fotogrametria Digital

2.7.1 A Era Digital

Existem duas maneiras de se obter produtos fotogramétricos digitais: seja pelo processo onde as fotografias reveladas em filme são primeiro “*scannerizadas*” para se tornar digital (método híbrido), ou obtidas diretamente através de câmaras digitais.

De acordo com GRUEN (1996), devido as recentes avanços em tecnologia micro-eletrônica e semi-condutora, a Fotogrametria em geral tem recebido um impulso substancial ao domínio completamente digital. O desenvolvimento de novos sensores e hardware poderosos tem aberto novas tecnologias e campos de aplicação. Sistemas de aquisição híbrido e totalmente digital tem despertado muito interesse entre fotogrametristas, principalmente a partir do 15º Congresso Internacional de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto no Rio de Janeiro em 1984. O autor prossegue afirmando que a cerca de 10 anos, a Fotogrametria a curta distância digital tem amadurecido na medida que

agora serve como um técnica precisa e confiável para medição tridimensional sem contato. A facilidade e velocidade de aquisição de dados, as capacidades em tempo real, o alto grau de automação e a adaptabilidade para solicitações diversas, faz da Fotogrametria a curta distância digital uma ferramenta viável de medições para um grande número de aplicações na ciência, arte e indústria.

O emprego de técnicas fotogramétricas digitais para a documentação de imagens de edificações e equipamentos são utilizadas pela rapidez com que os dados são recuperados, permitindo que sejam avaliadas as condições de conservação e possíveis soluções para problemas existentes, além do custo para utilização desta técnica, que dispensa câmaras fotogramétricas de preço relativamente alto, utilizando câmaras de pequeno formato.

Segundo COELHO et al (1999), a Fotogrametria digital à curta distância é uma ferramenta inovadora, utilizada para criar modelos digitais em 3D, a partir de levantamentos fotogramétricos, sendo capaz de obter medidas precisas de objetos tridimensionais, além disso, sua aplicação vem sendo requisitada no mundo inteiro, enquanto que a tecnologia de imagens digitais encontra-se difundida, praticamente, em todos os setores de trabalho e de pesquisa.

A vantagem de se ter um arquivo digital não é somente para aplicações de realidade virtual e simulação, mas, dados padronizados tridimensionais podem ser exportados para outros sistemas, como CAD, SIG e de análise estrutural. (KUBO, 1999)

Segundo o mesmo autor, muitos avanços recentes em tecnologia têm intensificado o uso da Fotogrametria como uma ferramenta de registro, permitindo representações mais complexas de objetos e propondo acesso a todos os usuários interessados na Fotogrametria. Alguns destes recentes desenvolvimentos incluem o baixo custo de sistemas fotogramétricos digitais, a análise de série de imagens, o ajustamento de blocos por feixes de raios, procedimentos de calibração de câmara e o *Laserscanner* 3D.

PHILIPS (1996) cita que, a velocidade dos computadores aumenta a cada momento, enquanto o custo de equipamentos e de gravação de dados diminui. Dessa forma, cada vez mais novas aplicações de processos digitais são feitas na área da Fotogrametria, uma vez que equipamentos sofisticados, de alto custo e difícil manutenção, são substituídos pelos mais simples.

A Fotogrametria digital é atualmente totalmente aceita e o desempenho de sistemas mais aperfeiçoados oferecem novas capacidades e conduzirão para novas aplicações. Existe uma necessidade para sistemas de interface CAD mais próximos com

sistemas fotogramétricos, igualmente percebe-se a importância dos sistemas de informação espacial. (GRÜN, 1992)

Neste sentido, HIRSCHBERG (1996) e POMASKA (1998) ressaltam que a integração cada vez maior entre os programas CAAD (Computer Aided Architectural Design) e a Fotogrametria digital vem sendo reconhecida com uma poderosa tecnologia para coleta de dados e apresentação em ambientes multimídia. Sua aplicação não se limita apenas na documentação de monumentos históricos, mas também na geração de modelos urbanos digitais e ambientes de realidade virtual.

A idéia fundamental é realizar operações da Fotogrametria tradicional tendo como base imagens em formato digital. Enquanto o método convencional usa imagens em filme (positivas ou negativas) a Fotogrametria Digital utiliza imagens armazenadas em computador na forma de pixels.

Operacionalmente, a Fotogrametria Digital pode ser comparada à Fotogrametria Analítica - a principal diferença é o número de recursos, já que o modelo digital permite realizar uma série de funções impossíveis na Fotogrametria Analítica.

Eis alguns exemplos: processamento de imagens, triangulação aérea automática, geração automática de modelos digitais de terrenos, geração automática de ortofotos digitais, produção de mosaicos ou ortofotomapas, vistas em perspectivas da imagem ,etc.

É enfatizar demais falar sobre os avanços da mensuração nas últimas décadas. Na realidade muito pouca gente da área desconhece atualmente as vantagens do sistema GPS, da Topografia Computadorizada, dos Níveis à Laser ou Digitais e dos sistemas inteligentes de medição automática. Na Fotogrametria, não é diferente. Os sistemas digitais se tornaram essenciais para a Fotogrametria por sua:

- Precisão
- Baixo custo
- Aumento de produção

2.7.2 Precisão da Fotogrametria Digital

Consultando MELLO & FERRARI (1999), temos que a precisão da Fotogrametria Digital depende de vários fatores. Alguns deles são:

- escala da imagem (obtida com filme)
- tamanho do pixel (na conversão A/D)
- qualidade da imagem (por exemplo, variações radiométricas)

- conteúdo da imagem (por exemplo, textura e contraste)
- precisão e visibilidade dos pontos de controle
- relação base/altura do vôo
- habilidade do operador para operações não automáticas

Tipicamente, assumindo que não existam erros grosseiros, as precisões são da seguinte ordem:

- na medida de um ponto (manual sobre um detalhe bem definido) - 0,5 pixel (0,3 pixel com uso de zoom);
- na medida de um ponto através de correlação de imagem - 0,1 a 0,4 pixels;
- na triangulação automática - 0,3 pixel;
- na geração de DMT - 0,6 pixel x relação base/altura de vôo.

2.7.3 Imagens digitalizadas

Ainda de acordo com MELLO & FERRARI (1999), para os processos de Fotogrametria Digital podem ser usadas imagens geradas diretamente a partir de câmara digital CCD ou de uma câmara de vídeo. Atualmente, porém, usa-se como fonte primária fotografias em filme digitalizadas em scanner. Isso significa que foi adicionado mais um componente ao sistema fotogramétrico: o scanner, que até então era desnecessário. O scanner é um dispositivo eletrônico que com o uso de sensores fotoelétricos detecta a radiância de cada pixel de uma imagem analógica e gera um arquivo binário.

A Fotogrametria digital pretende com o processamento das fotografias métricas gerar um arquivo em formato digital. Os scanners que, são usados para gerar uma imagem com o propósito da Fotogrametria digital devem ser evidenciados, principalmente, pelas seguintes características:

- elevada resolução ótica (acima de 600 dpi);
- sistema de varredura com as células fotoelétricas para fotografias coloridas ou para fotografias em preto e branco;
- sistema de varredura com as células fotoelétricas para cópias de fotografias em emulsão fotográfica (diapositivos) ou em placas de vidro;
- limite do campo de varredura adequado às dimensões das fotografias;
- alta similaridade geométrica entre a imagem digital e a fotografia original.

A correspondência geométrica e radiométrica entre a imagem digital e o original fotográfico pode ser avaliado pelas distorções atribuídas à imagem digital gerada pelo scanner. Através do scanner a imagem é digitalizada e armazenada em meio magnético. A tabela abaixo mostra a capacidade de armazenamento necessária (Scanner SCAI Zeiss):

RESOLUÇÃO (μm)	RESOLUÇÃO (dpi)	TAMANHO ARQUIVO PRETO/BRANCO	TAMANHO ARQUIVO COLORIDO
224	113	01 Mb	03 Mb
112	226	04 Mb	12 Mb
56	453	16 Mb	48 Mb
28	907	64 Mb	192 Mb
21	1209	114 Mb	343 Mb
14	1814	257 Mb	772 Mb
7	3628	1 GB	03 GB

Tabela 2.1 - Tabela de relações entre resoluções e tamanhos de arquivos

É importante salientar que a qualidade do scanner é um ponto decisivo nos resultados da Fotogrametria Digital. Para que o trabalho seja de boa qualidade é necessário que as imagens sejam digitalizadas em scanners que, além de alcançar as resoluções indicadas anteriormente, tenham precisão radiométrica e mecânica. Não se deve imaginar, portanto, que um simples scanner de mesa possa ser usado para esse propósito.

Para visualização estereoscópica, os sistemas disponíveis no mercado usam dois tipos de recursos: a imagem polarizada e o sistema LCD ativo (ou Cristal Eyes).

O sistema com imagens polarizadas é mais confortável porque exige apenas o uso de lentes polarizadas para criar o efeito de estereoscopia. O sistema Cristal Eyes, além de mais pesado, cria desconforto quando o operador olha para o monitor mono ou quando interrompe o sinal emitido pelo controle central do sistema de visualização. Alguns equipamentos permitem também que sejam usados sistemas com visualização em split screen (tela dividida), através do uso de estereoscópio de espelho ajustado à tela do computador.

Para movimentação da marca flutuante, usa-se mouse convencional para movimentos em X, Y e um *trackball* para o movimento em Z, ou um aparelho especial denominado mouse 3D, que permite realizar os três movimentos com um único acessório,

permitindo também a configuração das teclas para macros. Alguns sistemas permitem também acoplar ao equipamento um jogo de manivelas e pedal em disco, semelhantes aos antigos sistemas analógicos.

Nos últimos anos, uma série de equipamentos digitais está sendo comercializado no mundo todo. Muitos, certamente, não sobreviverão às necessidades de atualização e aperfeiçoamento constantes e abandonarão o mercado, enquanto outros surgirão. É fundamental, portanto, escolher um sistema tradicional e bem aceito pelo mercado.

2.7.4 Uso de câmaras digitais

De acordo com MARTINS (2001), as câmaras eletrônicas combinam a ótica fotográfica com a tecnologia de imagem no computador, eliminando as despesas com filme, os produtos químicos e as demoras com o tempo de revelação.

Avaliando a qualidade da imagem e as características técnicas de cada tipo de câmara digital, percebe-se que ainda há campo para aperfeiçoamentos em custo e qualidade de imagem.

Os argumentos mais interessantes a favor das câmaras eletrônicas atuais não estão centrados na qualidade da imagem, mas em prazo e praticidade. Com uma câmara sem filme, pode-se ver uma imagem instantes, às vezes segundos após capturá-la. A grande vantagem é exatamente eliminar o longo processo de tirar uma foto, levar para revelação, digitalizar o filme e burilar a imagem na tela para obter uma versão digital de alta qualidade.

As câmaras eletrônicas tem uma característica em comum com as câmaras de vídeo e os scanners: contêm Charge Coupled Devices – dispositivo de acoplamento de carga (CCD) , chips com células fotossensíveis que geram voltagem quando recebem luz.

O CCD de uma câmara digital e seus circuitos de suporte são projetados a partir do zero para fornecer um resultado digital. Como o CCD não requer os elementos adicionais necessários ao entrelaçamento, suas células sensíveis à luz podem ser maiores e mais próximas umas das outras.

Outro fator por trás da qualidade da imagem é o tamanho do CCD. Cada uma das células fotossensíveis do CCD corresponde a um pixel na imagem final. Quanto mais células o CCD fornece, maior é a resolução potencial da imagem.

2.7.5 Câmaras digitais *versus* Câmaras Convencionais

A câmera digital substitui o filme nas câmeras convencionais por um semicondutor especializado – um pedaço de silício que conduz parte da eletricidade, mas não toda que

chega a ela. Esse tipo de semicondutor é chamado de CCD (ROSE, 1998). Este semicondutor é composto de milhares de elementos fotossensíveis separados, organizado em uma grade que geralmente corresponde à forma do visor. A imagem atravessa a objetiva e bate no CCD, que converte a luz em impulsos elétricos. A intensidade da carga varia dependendo da intensidade da luz que bate em cada elemento. Neste aspecto, é muito parecido com o filme. Substituindo os elementos por pontos de emulsão fotossensível em um filme e ter-se-á uma câmera de filme.

Para PEIPE (1999), a maior limitação das câmaras digitais é a resolução, além das câmaras analógicas permitirem cobrir grandes partes de fachadas de edificações numa mesma escala devido ao grande formato das imagens.

Segundo COOPER & ROBSON (1996), um dos resultados do aumento do uso de câmaras digitais na Fotogrametria é a transferência de conceitos e algoritmos computacionais para os processos fotogramétricos. As feições das imagens podem agora ser automaticamente detectadas, comparadas e transformadas em feições tridimensionais no espaço objeto.

Conforme BOUNTON & BOUNTON (1995), as vantagens da câmara digital estão ligadas à praticidade, à rapidez e também à ecologia. Como os dados capturados por uma câmara digital são canalizados diretamente para o computador, não se perde tempo com revelação, não há um estágio intermediário de revelação do negativo, não é necessário comprar filmes e é totalmente abolida a utilização de materiais químicos cuja eliminação pode causar danos ao meio ambiente.

As câmaras digitais estão sofrendo um processo de aperfeiçoamento. Em poucos anos serão capazes de oferecer a resolução necessária para satisfazer as exigências técnicas, podendo substituir o processo híbrido adequadamente.(COELHO et al, 1999)

2.7.6 Vantagens da Fotogrametria Digital

Uma série de vantagens deve ser considerada na aquisição de um sistema desse tipo. De acordo com DOWMAN (1996), são elas:

- acesso ao conteúdo radiométrico da imagem (por exemplo, para melhoria da qualidade da imagem);
- torna-se desnecessário calibrações periódicas - tudo é computador!;
- barateamento do custo de manutenção do sistema;
- fim da necessidade de repetição da orientação interior;
- substituição instantânea dos modelos durante as operações de restituição;
- inexistência de paralaxe entre a imagem e a marca flutuante;

- sobreposição dos vetores restituídos sobre a imagem estereoscópica;
- uso de blocos de imagens ao invés de simples modelos;
- possibilidade de processamento em modo batch;
- atualizações constantes e facilitadas - tudo é software!;
- menor custo/benefício;
- redução da fadiga do operador;
- ganho de tempo (o operador fica livre para outras tarefas);
- aumento de produção.

Ainda segundo DOWMAN (1996), algumas vantagens do uso de imagens digitais são:

- as imagens podem ser visualizadas e processadas em computadores comuns; não existe a necessidade ótica/mecânica;
- os sistemas de medição são estáveis e não necessitam de calibração;
- a imagem pode ser melhorada (por exemplo: contraste e brilho);
- a automação pode ser aplicada;
- operações podem ser realizadas em tempo real ou próxima do tempo real.

2.7.7 Desvantagens da Fotogrametria Digital

Logicamente que a Fotogrametria Digital possui também algumas desvantagens que devem ser citadas. Novamente de acordo com DOWMAN (1996), são elas:

- custo de um sistema completo relativamente alto, devido ao preço do scanner (o rendimento da produção compensa este fator de desvantagem inicial);
- exigência de sistemas computacionais de alta qualidade e capacidade de armazenamento de dados;
- necessidade de conhecimento de informática para operar o sistema;
- qualidade de imagem inferior à de um sistema convencional;
- automação ainda limitada.

2.8 Resolução de Imagem

Resolução é uma medida de habilidade que um sistema sensor possui de distinguir entre respostas que são semelhantes espectralmente ou próximas espacialmente. A resolução pode ser classificada em espacial, espectral, radiométrica e temporal.

2.8.1 Resolução Espacial

Considerando MOREIRA (2001), resolução espacial refere-se ao campo de visada instantânea. No solo, pode ser definida como sendo a menor área de um terreno que um sistema sensor é capaz de individualizar.

De acordo com KRAMER (1996), resolução espacial, é a menor unidade de distância que pode ser discriminada por um sensor, em medidas no alvo. É uma função da geometria entre o sensor e o alvo no instante da medida.

Pode também, resolução espacial ser a medida para a menor separação angular ou linear entre dois objetos. Esta resolução está diretamente relacionada com o tamanho do pixel, ou seja, uma área em metros no terreno que o sensor é capaz de registrar. Por exemplo, uma resolução de vinte metros implica que objetos distanciados entre si a menos de vinte metros, em geral não são discriminados pelo sistema. Na Fotogrametria, utiliza-se ainda, o termo pares de linha por milímetro (analógica)

2.8.2 Resolução Espectral

Segundo MOREIRA (2001), resolução espectral refere-se ao poder de resolução que o sensor tem para discriminar diferentes alvos sobre a superfície terrestre. Em outras palavras, refere-se à melhor ou à pior caracterização dos alvos em função da largura da banda espectral em que o sensor opera.

Ela é definida pelo número de bandas espectrais de um sistema sensor e pela largura do intervalo de comprimento de onda coberto para cada banda. Quanto maior o número de bandas e menor a largura do intervalo, maior é a resolução espectral de um sensor.

2.8.3 Resolução Radiométrica

De acordo com MOREIRA(2001), a radiação eletromagnética, refletida ou emitida pelos alvos da superfície terrestre, possui valor de intensidade que difere de um alvo para outro. Entretanto, certos alvos, apesar de serem diferentes, refletem ou emitem a radiação eletromagnética com valores de intensidade muito próximos entre si, tornando-se quase idênticos espectralmente. Assim, resolução radiométrica de um sensor, refere-se à capacidade que este sensor tem de poder discriminar, numa área imageada, alvos com pequenas diferenças de radiação emitida ou refletida.

Resolução radiométrica é dada pelo número de níveis digitais, representando níveis de cinza, usados para expressar os dados coletados pelo sensor. Quanto maior o

número de níveis, maior é a resolução radiométrica. O número de níveis é geralmente expresso em função do número de dígitos binários necessários para armazenar em forma digital o valor do nível máximo.

2.8.4 Resolução Temporal

Por MOREIRA(2001), resolução temporal está relacionada com a repetitividade de observação de um sensor numa mesma área da superfície terrestre.

2.9 Fotointerpretação

Segundo LOCH (1989), a fotointerpretação é definida pela Sociedade Americana de Fotogrametria como o ato de examinar e identificar objetos ou situações em fotografias aéreas e outros sensores, determinando o seu significado.

Fotointerpretação pode ser definida ainda como "a previsão do que pode ser visto na imagem" (SUMMERSON). Isto pode ser explicado quando não se pode caracterizar um objeto diretamente na imagem, precisando apoiar-se em dados conhecidos, para extrair ou deduzir o que representa o objeto em questão.

A fotointerpretação depende de alguns aspectos identificáveis durante o processo de interpretação de imagens, tais como:

a) visibilidade do objeto, ou ainda, qualidade do objeto de se fazer visível, que é função de certas características próprias do objeto, do tipo, da escala e qualidade das fotografias, qualidade do estereoscópio, ou equipamento e qualidade da capacidade de visão estereoscópica do intérprete;

b) utilização de chaves de interpretação, ou seja, de foto-exemplos, onde parte-se de um objeto conhecido preliminarmente e com características definidas e extrapola-se essas características para as demais fotos a serem interpretadas. O intérprete adquire as chaves para a interpretação através de estudos aprofundados sobre o sensor em questão ou utilizando-se de pesquisas já desenvolvidas.

A maioria dos trabalhos de fotointerpretação seguem os estágios (fases): detecção, reconhecimento e identificação, análise e delimitação, dedução, classificação, idealização.

LOCH (1989) afirma que, para o fotointérprete, as características mais importantes e que devem ser observadas em imagens fotográficas na interpretação de áreas urbanas, são as seguintes: tonalidade, forma, densidade, padrão, textura, tamanho, sombra, posição geográfica e adjacências.

Quando observamos um objeto, procedemos imediatamente a uma interpretação. Esta interpretação é sugerida ao nosso cérebro através da análise das características

observadas no objeto. O olho humano é um sensor sofisticado conectado a uma central de processamento de informações de elevada competência: o cérebro.

Qualquer pessoa que olha para uma fotografia, está fazendo sua fotointerpretação. Quando alguém olha uma fotografia de pessoas conhecidas, é capaz de reconhecer e identificar diretamente todas as pessoas, talvez identificar o traje de uma delas e até em que loja foi comprado.

Se a fotografia foi tirada há muitos anos, ainda somos capazes de deduzir, por um certo número de características quando e onde as fotos foram tiradas, o que as pessoas estavam fazendo e até algo sobre o meio ambiente, a temperatura, etc.

Se alguém olha para uma fotografia semelhante, porém de pessoas desconhecidas, pode indicar quais as pessoas são do sexo masculino e quais são do sexo feminino. Mas certamente não pode deduzir e classificar tantos outros detalhes.

Na fotointerpretação somente se encontra aquilo que, em princípio, se está procurando. O geólogo encontrará estruturas geológicas e diferentes tipos de rochas na mesma foto imagem em que um engenheiro descobrirá diferentes tipos de construções, pontes, estradas. Da mesma maneira, que nesta foto imagem, um arquiteto poderá descobrir as tendências de crescimento de uma cidade, as áreas de preservação, a estrutura urbana e até os principais estilos arquitetônicos adotados.

Em todos os casos, um bom treinamento em técnicas de fotointerpretação é importante. Quando uma pessoa se aperfeiçoa nas técnicas de interpretação, o fator decisivo da sua habilidade de fazer uma boa interpretação para um objeto específico é o seu nível de conhecimento, tanto genérico quanto especializado, na área de sua formação profissional.

Desde que foi inventada a fotografia, o homem sempre fez interpretação de fotos, sejam elas aéreas ou terrestres. No entanto esta interpretação torna-se cada vez mais complicada ou exigente à medida que o trabalho exigir maiores detalhamentos na análise da área de estudo.

2.10 Fotointerpretação Automática

Segundo LOCH (1993), a interpretação automática pode ser feita por analisadores de imagens, ligados a computadores preparados para analisar dados já prontos na forma digital.

São vários os processos de interpretação automática. No momento, todos podem ser agrupados em duas categorias: os supervisionados e os não supervisionados. No

primeiro há contínua intervenção do interprete, que modifica sempre que necessário, a classificação efetuada. A interpretação será fundamentada nas regras de decisão estabelecidas com base nas áreas determinantes, a partir da pré determinação do fotointérprete, que a fará de acordo com seu nível de conhecimento, ou seja, ele fornecerá uma interpretação prévia à máquina. Na interpretação não supervisionada, o processo inicia com a leitura das fitas, sendo a imagem classificada de acordo com a semelhança espectral dos diferentes tons de cinza. O resultado será um mapa que será depois conferido com os trabalhos de campo e então corrigido.

3 Método Utilizado

Em função da tecnologia de sensores digitais aerotransportáveis ser muito nova, e os produtos existentes apenas poderem ser disponibilizados pelos fabricantes, utiliza-se este material para prognosticar o mercado para os sensores recém lançados. Esta avaliação foi realizada da seguinte forma: considerando que a Fotogrametria Terrestre é sempre precursora da Fotogrametria Aérea, realiza-se uma comparação entre restituições de produtos oriundos de uma câmara analógica (Nikon F70) e de uma câmara digital (Olympus 820L). Para cada uma das câmaras foi realizada uma calibração e em seguida restituiu-se uma pequena e simples estrutura a fim de avaliar exclusivamente o comportamento dos produtos obtidos por cada um dos sensores, sem considerar qualquer tipo de obstáculo causado por localização de edificações, ou impossibilidades de restituir qualquer elemento no software restituidor escolhido. Isto significa que o fator determinante para escolha de objeto de interesse mais acessível, foram as limitações do software de restituição, uma vez que este fora usado apenas como ferramenta, e não objeto de estudo. Avalia-se os resultados a partir dos produtos obtidos através de cada uma delas, resultando em uma análise comparativa.

Depois desta avaliação concluída, utiliza-se produtos oriundos de um dos sensores aéreos analógicos em uso no mercado, para que possam ser usados de parâmetro para as vantagens e desvantagens da inserção dos sensores digitais no mercado brasileiro, se comparado com este sensor, em uso atualmente.

3.1 Critério de Escolha dos Sensores Aéreos Abordados

Para a escolha dos sensores abordados, foram apontados os que se encontravam em evidência no congresso da ISPRS em julho de 2000 na cidade de Amsterdam.

3.2 Aquisição de Produtos

Os produtos oriundos da câmara RMK TOP, foram fornecida pelo Senhor Paulo Trino, da AERODATA, as informações e produtos referentes à Digital Modular Camera 2001, através de material em meio digital, fornecido pelo Senhor Rudolph Spiller, e através de entrevistas com o Senhor. Lothar Bihlmaier da Z/Iimaging, as informações e produtos referentes ao Airborne Digital Sensor 40, através de material em meio digital, fornecido pelo Senhor Gillermo Andersson, da LH Systems, as informações e produtos referentes ao Laserscanner, através do Senhor Alois Philip, e da Senhora Betina Steheman, assim como

do Dr. Uwe Lohr, da Toposys. Já as informações a respeito do CASI, foram obtidas através de trabalhos previamente executados através do grupo que trabalha no Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da Universidade Federal de Santa Catarina.

As scannerizações, ou digitalização das imagens, foram realizadas no Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, no Scanner SCAI, de fabricação Zeiss. As análises de Histograma das imagens digitalizadas foram realizadas no sistema PHODIS, também da Zeiss, a edição das Imagens: realizada no Paintshop Pro, e o processamento das Imagens oriundas do sensor analógico, foi realizada pela AERODATA.

3.3 Materiais

3.3.1.1 Materiais utilizados em campo:

- Piquetes e marreta
- Trena
- Prisma
- Câmara Nikon F-70
- Jogo de lentes Sigma 28mm-80mm
- Câmara Olympus digital 820L
- Filme Kodak

3.3.1.2 Materiais utilizados em escritório:

- Microcomputador
- Impressora
- Scanner
- Diapositivos
- Disquetes e CDs para gravação das imagens

3.3.1.3 Software utilizados:

- Paint Shop Pro
- Câmara Calibrator
- Photomodeler

3.3.2 Método

3.3.2.1 Câmaras Utilizadas

Para realização deste trabalho, foram escolhidas estas duas câmaras devido à facilidade de acesso a elas, e por apresentarem diferentes características que cobrem os tipos de câmaras existentes no mercado. São câmaras não métricas, ou seja, não possuem marcas fiduciais. São elas as seguintes:

3.3.2.1.1 Câmara Nikon

Da categoria das Câmaras Reflex F-70 é classificada como uma câmara analógica de alta resolução, não métrica. Tem as seguintes características:

- Foco automático e manual
- Obturador de 30s à 1 / 4000s
- Três modos de fotometria
- Três modos de exposição e sete tipos de programação automática
- Flash incorporado

3.3.2.1.2 Câmara Olympus

Classificada como câmara digital e não métrica, modelo 820L, possui as seguintes características:

- Tamanho da Imagem: 1024 / 768 pixels
- Capacidade de resolução de cada imagem: 810000 pixels
- Obturador 1/4s ~ 1/800s
- Resolução máxima: 144 dpi
- Capacidade de armazenagem: Alta qualidade – 10 fotos – 1,2 MB;

Baixa qualidade – 30 fotos – 2,0 MB.

4 Avaliação do Desempenho entre Sensores Imageadores Terrestres Analógicos e Digitais

4.1 Calibração das câmaras

4.1.1 Tomada das fotografias:

4.1.1.1 Modelo de calibração

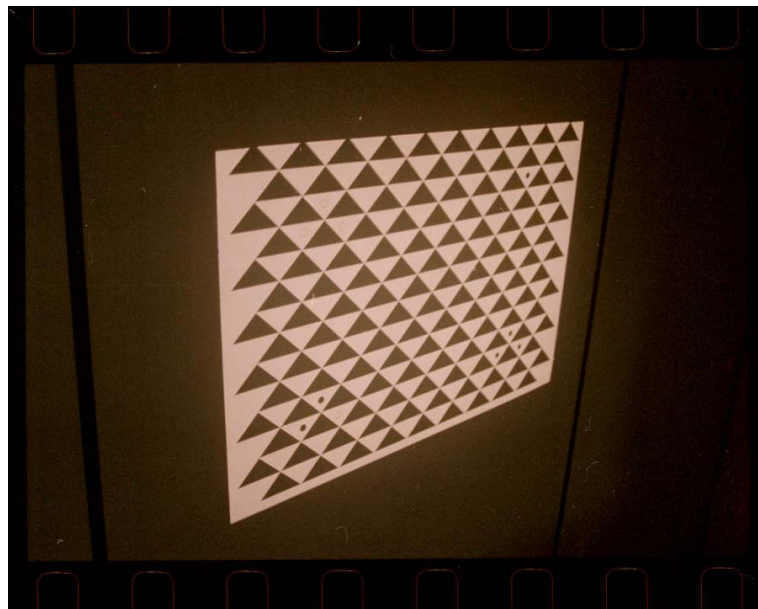


Figura 4.1 Imagem da projeção do modelo de calibração

A figura 4.1 retrata o slide do modelo de calibração projetado em uma parede lisa, branca localizada no Centro Tecnológico da UFSC.

4.1.1.2 Ajuste da tomada das fotos

- tamanho da sala – deve ser grande o bastante para acomodar o projetor, possuindo ainda uma ampla parede plana e limpa para a projeção;
- tipo de parede – a parede deve ser plana, lisa, limpa e isenta de papel de parede;

- iluminação do ambiente – controlar a iluminação da sala para proporcionar o maior contraste possível para o slide/poster. Tomar cuidado em manter a sala suficientemente iluminada para que as marcas fiduciais possam ser examinadas, mas não tão clara a ponto de ofuscar o modelo projetado;

- uso de um tripé – recomendado apenas para as menores aberturas do diafragma;

- uso do flash – deve ser evitado para não ofuscar o objeto imageado;

- foco da câmara – procurar manter todo o slide de calibração em foco, aumentando se necessário. O ideal seria que o foco se mantivesse igual ao que será utilizado nos trabalhos futuros. A calibração ideal considera a câmara com foco no infinito;

- retroprojetor – deve-se esperar que este se aqueça por algum tempo, para que assim alcance sua estabilização.

4.1.1.3 Restrições no posicionamento

- padrão de calibração deve apresentar ângulos retos em seus vértices extremos;

- todos os pontos de controle devem aparecer em todas as fotos;

- padrão de calibração deve ser mantido plano na parede onde está projetado ou afixado;

- padrão de calibração deve tanto quanto possível preencher o visor da câmara;

- as posições da câmara devem, aproximar-se de 45° da vertical e da horizontal;

- para as câmaras que apresentam filme, a maioria das marcas fiduciais disponíveis devem aparecer nas fotografias;

- as fotografias devem ter um bom foco ao longo do modelo (pequena presença de manchas, devido a problemas com profundidade de campo, é aceitável);

- as fotografias devem ter um bom contraste, ao mesmo tempo em que não devem apresentar o grid ofuscado por excesso de luminosidade;

- retroprojektor deve estar limpo, nenhuma sombra ou mancha forte deve aparecer na área da fotografia;
- todas as fotografias devem ser obtidas com o mesmo ajuste de foco;
- manter a câmara focada na distância em que será usualmente aplicada nos projetos futuros.

4.1.1.4 Posicionamento da câmara

Para obter os dados necessários para a calibração da câmara, seis ou mais fotos tomadas de diferentes ângulos e de uma densa grade de pontos se faz necessária. O processo de calibração trabalha com uma grade específica.

As fotos do modelo projetado devem ser tiradas das seguintes posições, conforme pode-se observar na figura 4.2:

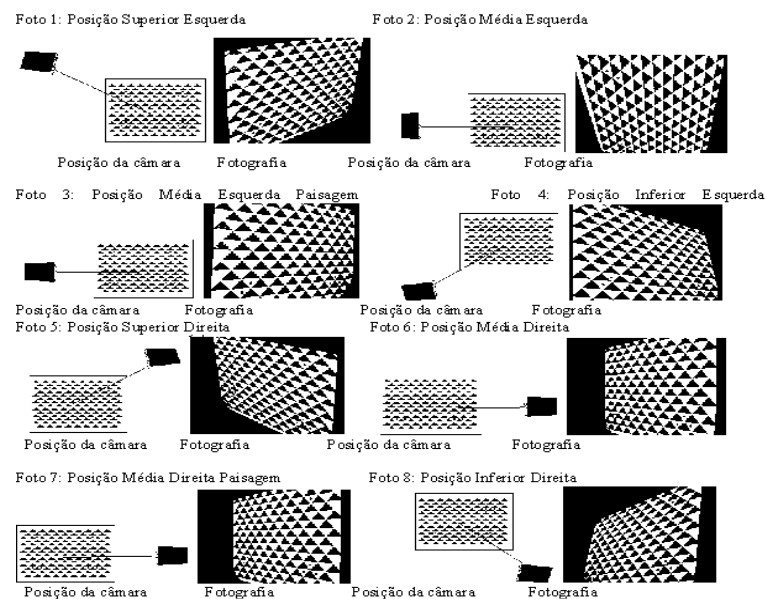


Figura 4.2 Posições para tomada de fotos do modelo de calibração

Fonte: Manual Photo
Modeler

Medida de distância exata no grid de calibração:

O Camera Calibrator necessita de uma distância entre os pontos de controle x e y no padrão de calibração projetado, como mostra a figura.

Esta distância deve ser obtida no mesmo momento da tomada das fotos. Para tanto, esta medida pode ser tomada com auxílio de uma trena, e deve ser o mais precisa possível.

Deve-se procurar medir mais de uma vez, de x para y e de y para x. Para esta calibração, as medidas foram em média 58.9cm

Se possível, deve-se prolongar na parede ou na impressão as arestas dos triângulos de modo a determinar de maneira mais precisa os pontos x e y.

Realizadas as operações anteriores, tomam-se as fotografias.

4.1.2 Transferência do arquivo digital das oito fotos para o disco rígido:

As fotos devem ser convertidas para uma representação digital de forma a serem armazenadas por um sistema computacional. O Camera Calibrator trabalha com os seguintes modelos de armazenamento de imagens: Targa – TGA, TIFF, GIF, PCX, DCX, BMP, DIB, JPEG, WMF, WPG, PICT, IFF, PhotoShop – PSD e KodakPhoto C-PCD.

Para esta calibração as imagens foram salvas em TIFF. Os negativos foram escanerizados, usando o software de escanerização que acompanha o scanner utilizado, com extensão TLD e as imagens foram posteriormente convertidas para TIFF, que é um dos formatos aceitos pelo PHOTOMODELER.

4.1.3 Início do programa de calibração da câmara:

Para calibrar uma câmara deve-se criar e processar um projeto de calibração, usando o Camera Calibrator. O projeto de calibração será composto de oito fotos tomadas do grid (modelo de calibração), uma distância em escala e alguns parâmetros de início da câmara.

Para iniciar um novo projeto de calibração é necessário:

- criar uma nova câmara ou abrir uma câmara existente;
- mover as fotografias de calibração para um diretório que não contenha nenhuma outra fotografia e o Camera Calibrator usará todas as fotografias contidas neste diretório para o projeto de calibração;
- criar um novo projeto de calibração utilizando o New Calibration Project. Ao criar um novo projeto, uma caixa de diálogo aparecerá e então deve-

se selecionar o diretório que contém as imagens do modelo de calibração e estas então devem ser transferidas para o projeto de calibração pressionando-se OK;

- utilizar as fotografias de calibração. Uma caixa de diálogo aparece, mostrando as fotografias nas quais serão identificados os pontos de controle e as marcas fiduciais. De acordo com as marcações feitas, aparece na parte inferior do quadro as informações referentes a cada fotografia, se está adequada ou não para ser utilizada na calibração;

- marcar os pontos de controle no modelo. Em cada fotografia do modelo devem ser marcados os 4 pontos de controle, identificados por 3 círculos, onde a seqüência de marcação dos pontos de controle será:

ponto de controle # 1 – três círculos vazios

ponto de controle # 2 – um círculo cheio e dois círculos vazios

ponto de controle # 3 – dois círculos cheios e um círculo vazio

ponto de controle # 4 – três círculos cheios

Estes pontos de controle devem ser marcados com a máxima precisão possível, pois deles também depende o sucesso da calibração;

- identificar as marcas fiduciais. A câmara Nikon utiliza um filme fotográfico e portanto deve-se marcar os pontos fiduciais em cada uma das oito fotografias do modelo. O Camera Calibrator não reposicionará estes pontos fiduciais como faz com os pontos de controle, portanto devem ser marcados o mais precisamente tanto quanto for possível, devendo-se marcar no mínimo três pontos fiduciais em cada fotografia;
- fornecer a escala de calibração. Para calibrar uma câmara, o Camera Calibrator requer uma distância medida corretamente entre dois pontos no modelo de calibração. A distância requerida é a distância entre os pontos x e y medida no momento da tomada das fotos do modelo de calibração, que para esta calibração especificamente é de 115 cm;
- processar a calibração. O Camera Calibrator mostrará o diálogo de estágios da calibração, sendo que a calibração é um processo de dois estágios. O Calibrator, no primeiro estágio, confere a localização dos pontos marcados nos vértices dos triângulos, e no segundo estágio, processa a calibração, conforme se apresenta

na figura 4.3. Ao final do processamento da calibração, aparece uma caixa de diálogo mostrando que a calibração ocorreu com sucesso e que esta câmara pode ser utilizada no PHOTOMODELER (vide figura 4.4)

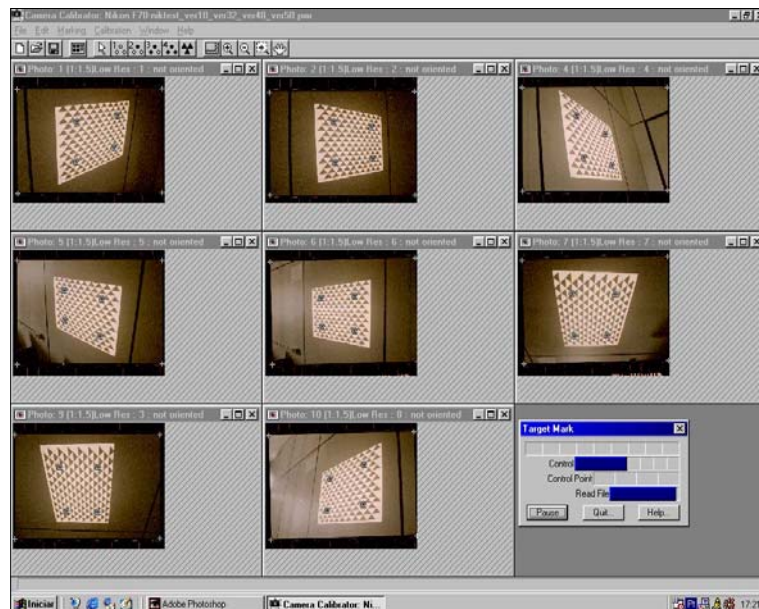


Figura 4.3 Janela do Camera Calibrator durante a calibração

4.1.4 Erros na calibração da câmara:

Ao final da calibração, aparece uma caixa de diálogo mostrando as iterações feitas dos erros totais de calibração. Este erro de calibração pode ser bem reduzido e para isto deve-se observar alguns cuidados em todo o processo de calibração, desde o momento da tomada das fotografias do modelo, como por exemplo:

- erros grosseiros
- focalização do modelo projetado e equipamento de projeção de boa qualidade;
- luminosidade adequada para evitar que os negativos fiquem muito escuros, impedindo de se visualizar os pontos de controle e as marcas fiduciais;
- cuidado durante a projeção para que a região onde se localizam as marcas fiduciais (colocadas no modelo no momento da revelação do filme) seja

clara, evitando que estas fiquem em regiões escuras do modelo, o que dificulta muito no momento de localizar o ponto exato das marcas fiduciais que devem ser alocadas com a máxima precisão possível;

- cuidado absoluto na marcação dos pontos de controle e das marcas fiduciais. Quanto aos pontos de controle, observar cuidadosamente a marcação de acordo com a ordem certa dos quatro pontos conforme descrito anteriormente. Com relação às marcas fiduciais, estas também devem ser rigorosamente alocadas na posição exata de acordo com o que foi determinado na criação da câmara, pois uma troca de posição apenas é suficiente para não processar a calibração.

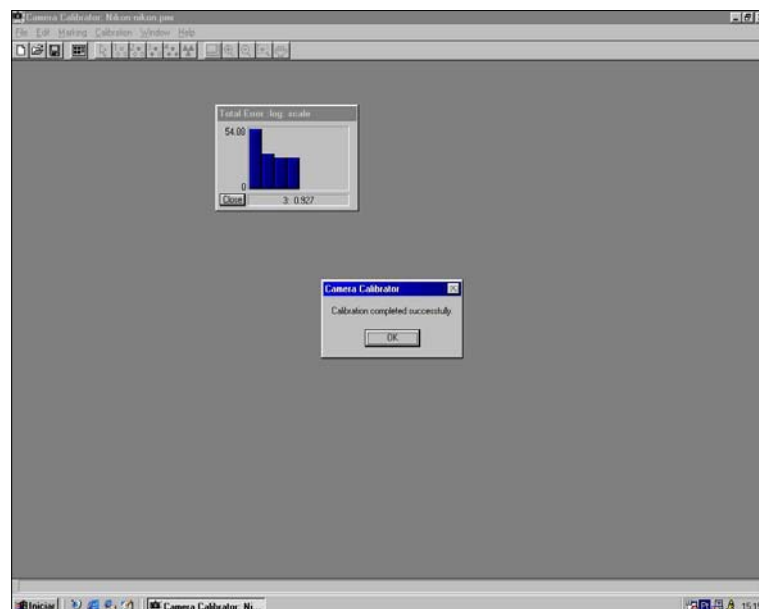


Figura 4.4 Janela do Camera Calibrator apresentando o resultado da calibração

4.1.5 Elaboração de um produto

Para elaboração de um produto, devem-se seguir os seguintes passos:

- Elaborar um estudo de definição das posições da câmara e determinar a posição dos pontos de controle.

- Preparar a câmara e colocar os pontos de controle para posterior tomada das fotos e leitura dos pontos de controle .
- Revelação do filme e escanerização dos diapositivos, em paralelo executar o cálculo das coordenadas.

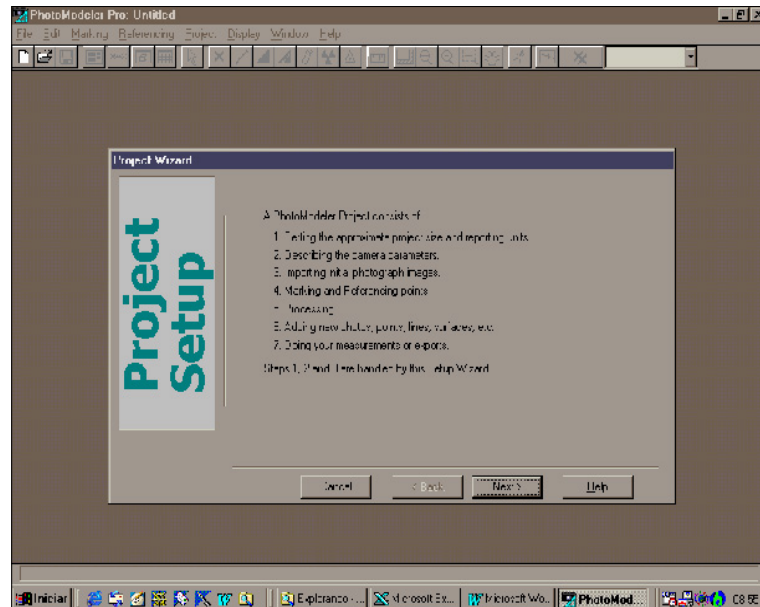


Figura 4.5 Janela de abertura de projetos no Photo Modeler

4.1.6 Restituição a partir do PhotoModeler

1. Abrir um novo arquivo (New Project) como na figura 4.5;
2. Abrirá uma tela conforme a figura abaixo:
3. Next;
4. Escolher a unidade desejada (m, cm, ...);
5. Digitar o tamanho aproximado do objeto (pode ser o valor da diagonal, ou escolher a maior medida). Esse valor não tem grande importância, mas é uma medida aproximada;
6. Next;
7. Aparecerá uma mensagem informando para pressionar o botão next e obter então os dados da câmera (uma já calibrada ou uma nova câmera);
8. Escolher se será utilizado uma nova calibração ou uma já calibrada.
9. Escolher o arquivo da calibração, e pressionar next;

10. Aparecerá a janela abaixo com os dados da câmera calibrada:
11. Abrirá uma janela para selecionar as fotos a serem utilizadas para o projeto, selecionar Add/Remove Image(s), selecionar Change directory e escolher as fotos;

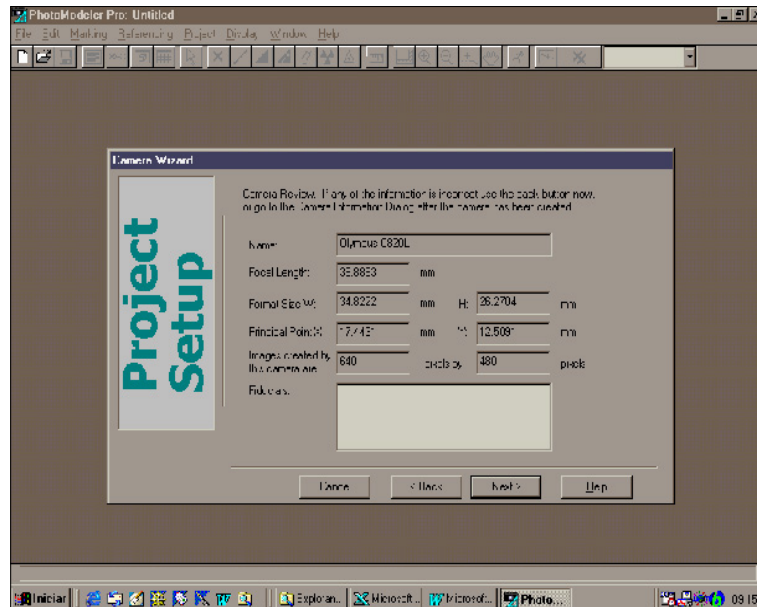


Figura 4.6 Janela do Photo Modeler com os dados da câmara

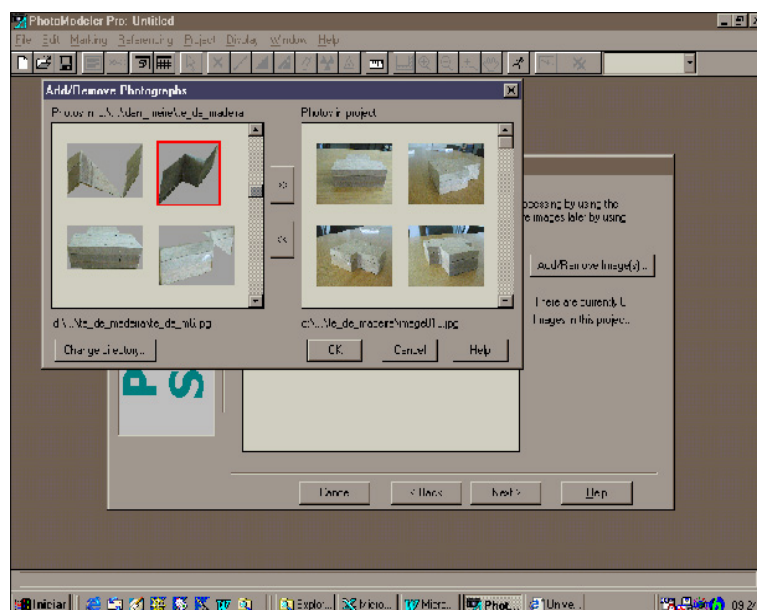


Figura 4.7 Janela do Photo Modeler para a inserção de fotos

Obs: Selecionar as fotos desejadas e pressionar o botão >> . Para selecionar todas as fotos, seleciona uma , aperta no shift e vai selecionando as desejadas. OK

12. Aparecerá uma janela informando que o próximo passo é marcar os pontos de controle ou marcas fiduciais nas fotografias, conforme abaixo.

13. O processo acabou, selecionar Finished;

14. Aparecerá uma janela com as fotos, selecionar a foto e abrir;

Salvar o projeto: File , Save project, escolher o nome e salvar;

Obs.: A extensão usada no PhotoModeler é a “PMR”. O PhotoModeler salva várias versões para cópia de segurança, ele nomeia com o mesmo nome dado pela primeira vez, mas acrescenta um número. Ex: testedemadeira.pmr é o arquivo original, cada vez que salva, ele nomeia outro arquivo com o nome testedemadeira_Ver1.pmr.

No arquivo a_verX.pmr , onde X indica o número da versão salva, o maior número significa a versão mais recente.

19. Agora com todas as fotos abertas, inicia-se o processo da marcação dos pontos.

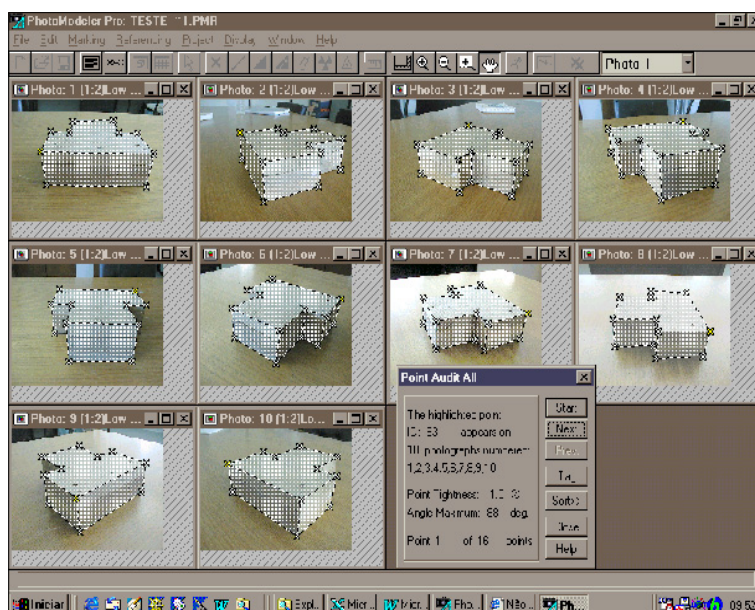


Figura 4.8 Janela do Photo Modeler para marcação de pontos

Mudança no brilho das fotos:

Selecionar Marking, Image Enhance e arruma-se o brilho e contraste conforme necessário.

Marcação dos pontos nas fotografias:

Selecionar Marking, Mark Points, ou na tecla de atalho Point Mode (X). Marcar os pontos desejados. Obs.: Para selecionar vários pontos na fotografia, pressionar Shift e clicar nos pontos.

Desenho de linhas:

Marking Menu, Mark Lines, seleciona a origem e o final da linha.

Enumeração dos pontos:

Selecionar Display, Visible PhotoItems, selecionar Points, Point Ids (enumera os pontos) e Tags.

Referência dos pontos:

Marcar todos os pontos em, no mínimo, três fotos. Selecionar Referecing , Reference Mode, ou na tecla de atalho XX ao lado de Photo1.

Seleciona um ponto na primeira foto (Source) e relaciona-o com a fotografia seguinte. Desta maneira, estabelece-se o mesmo número e então identificar-se como sendo o mesmo ponto. Repetir para todos os pontos em todas as fotos.

Informações sobre os pontos marcados:

Selecionar os pontos de referência, Referecing, Point Audit All, aparecerá então, as informações sobre os pontos.

Após a marcação de todos os pontos e linhas nas fotos, é necessário processar as informações.

Selecionar Project, Process, Process novamente e Proceed. Aguardar enquanto o processo é realizado.

Gerar o modelo 3D:

Selecionar Project, Open a 3D Viewer e OK. Aparecerá uma nova janela com o modelo em 3D. No botão Options, pode-se selecionar algumas opções para obter-se mais informações, como por exemplo, Câmera Stations (permite visualizar a posição da câmera no momento da tomada das fotografias), Surface, PhotoTextures, Perspective Correct textures (permite colocar as fotos texturas do

objeto fotografado). Obs.: para obter a foto textura, é preciso colocar superfície nas fotos.

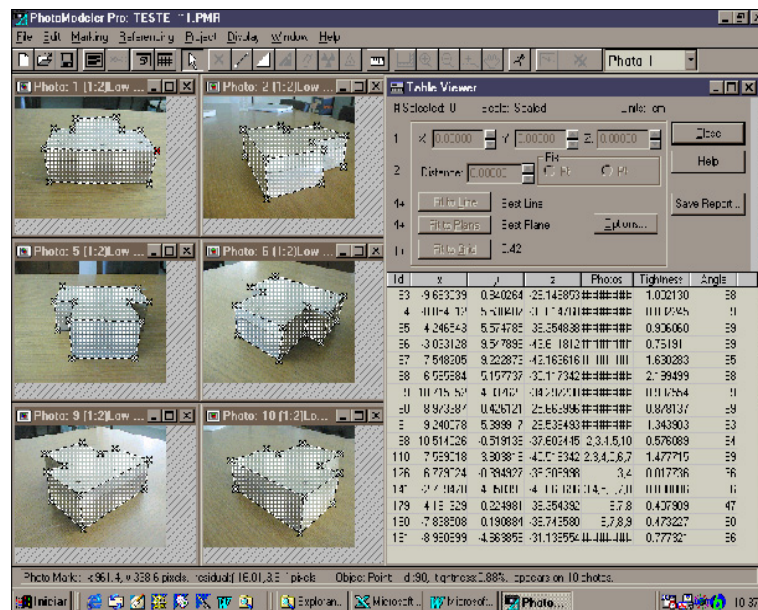


Figura 4.9 Janela do Photo Modeler apresentando tabela de pontos relacionados

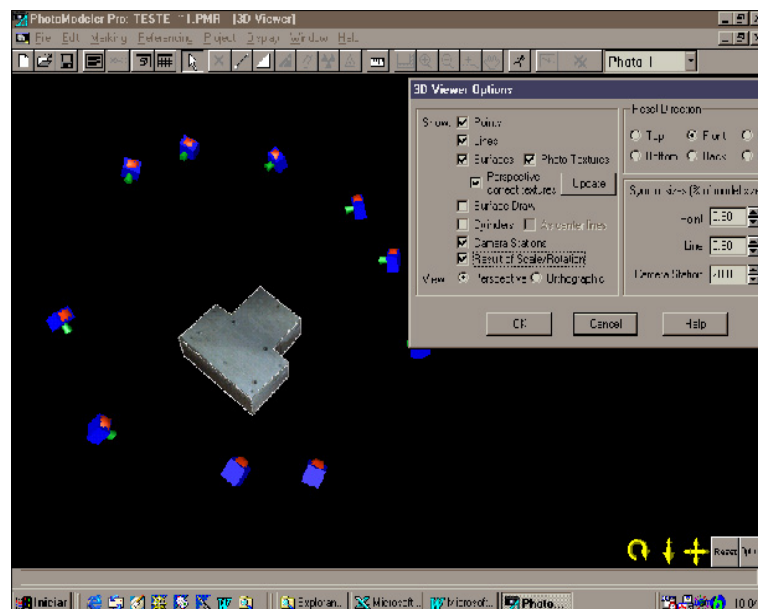


Figura 4.10 Janela do Photo Modeler apresentando o objeto 3D

Escala:

Selecionar Project, Scale/Rotate

Selecionado *Scale Only*, e informar a distância real entre dois pontos conhecidos.

Selecionando *Scale&Rotate*, escolher as direções dos eixos X,Y e Z. Existe duas maneiras, ou seleciona a origem e direção de dois dos eixos, ou escolhe os pontos do modelo 3D e entra com as coordenadas. É preciso abrir no mínimo uma foto, escolher um ponto para ser a origem e selecionar para definir.

Escolhendo a *direção do eixo* XY, YZ ou ZX: Scale/Rotate, e seleciona o eixo desejado (XY, YZ ou ZX).

3 Point : selecionar um ponto e o botão define, informar as coordenadas de X, Y e Z. Repetir para os três pontos escolhidos.

Obtendo medidas a partir das fotografias:

Selecionar Project, Measure Mode.

Medindo linhas: Clicar na linha desejada e obtêm-se o seu comprimento.

Medindo área: clicar em três pontos apertando shift.

Obtendo informações sobre os pontos: clicar no ponto e obtêm-se as suas respectivas coordenadas.

Medindo ângulos entre duas retas: selecionar as duas retas pressionando shift.

Na caixa de diálogo poderá aparecer:

- ◆ Scaled: somente a escala foi definida;
- ◆ Not Scaled: não tem escala;
- ◆ Control Based: o projeto foi salvo com pontos de controle.

Propriedades do objeto:

Selecionar no Menu Edit, Object Properties.

Na opção Material (serve para dar cor e textura), selecionar Materials... Adiciona um novo material. Para colocar a textura, selecionar Photo as Texture e OK.

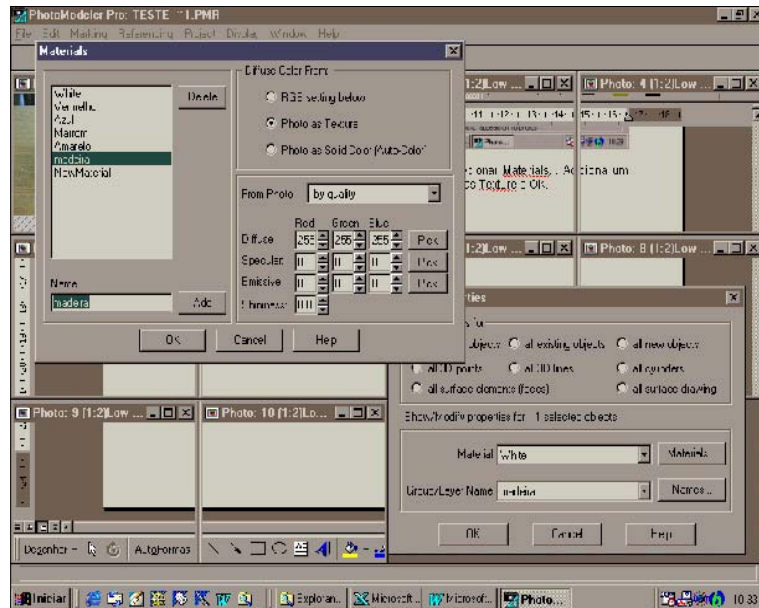


Figura 4.11 Janela do Photo Modeler para aplicar textura

A opção Group/layer Name serve para agrupar os objetos.

Obtendo as coordenadas de todos os pontos:

Selecionar Project, Open a Table Viewer. Abrirá uma janela com as informações de todos os pontos marcados.

Usando um modelo 3D gerado no Photomodeler para ser utilizado com outro programa:

Selecionar File (há várias opções de exportação)

* **Export Model:** seleciona o que se deseja exportar (3D , pontos, surface...), o tipo de arquivo (2D dxf, 3D dxf, 3D Studio, VRML) Os dois primeiros são arquivos do AutoCAD, Obs.: 3Dstudio não exporta pontos nem linhas.

Coordinate decimal-places: indica o número de casas decimais e a unidade (ex.: 6 cm). Arquivos DXF, OBJ e VRML pode-se controlar o número de casas decimais para exportar.

Model Coordinates: informa a qualidade do modelo 3D a ser exportado.

Face texture Options: ativada somente em 3Dstudio, Direct 3D, VRML e Warefront.

Export photo-textured materials, Texture Quality (0.1-2.0): indica a qualidade da textura. Se for o número 1, significa que a textura terá a mesma resolução da foto, se for 0,5 indica que será a metade da qualidade da foto.

Perspective correct textures: mostra se todas as distorções devem ser removidas das texturas. O Photo Modeler tem a propriedade de marcar cada foto para remover a perspectiva para o nível do pixel. Para melhor qualidade, usar esse recurso. Para fotos pequenas essa opção não faz muita diferença, já para fotos grandes, o processo pode ficar muito demorado(carregado).

Texture map file format: escolher o formato da imagem.

Obs.: para 3D Studio R4, 3D Studio Max, Truespace e Bugraf → qualquer formato.

Para VRML, somente JPEG e para Direct X, somente PPM.

DXF options: só para arquivos DXF.

Faces as a polygon mesh: especifica se todas as Surface Elements serão exportados para o DXF.

Faces edges visible: especifica se será visível as faces quando exportadas.

Faces vertex order: especifica se os vértices das faces no arquivo DXF devem estar no sentido horário (clockwise) ou anti-horário (counter-clockwise)

2D DXF plane: só para formato 2D DXF: remove um dos planos (X=0, Y=0 ou Z=0). Se X=0 o plano será o YZ.

Fazendo o modelo com textura:

Add Scale/Rotate: o modelo 3D tem um sistema de coordenadas arbitrário. Você deve encontrar o modelo VRML exportado para rotacionar as coordenadas incorretas para iniciar a visualização.

Obs.: tente usar a melhor qualidade da textura, usar as fotos com menos distorções, adicionar mais surfaces para melhorar a precisão do desenho (curvas...)

- **Export Câmera Stations:** O PhotoModeler calcula o local de onde as fotos foram tomadas. Cria um arquivo com extensão .TXT (que contem a descrição do projeto, unidade, posição da câmera, ângulo, tamanho...)

Export Ortho-Photo: usa-se a ortofoto para extrair uma foto para usar em mapas ou representação ou para extrair uma textura plana para usar num programa

de renderização. Objetivo: usar texturas para improvisar o realismo da renderização ou animação.

4.1.7 Análise dos resultados

Para que seja possível trabalhar as imagens oriundas de cada câmara no Photomodeler (marcar os pontos), devemos aplicar zoom de aumento para que a visualização dos pontos seja a mais exata possível. Desta forma, em função da resolução espacial das imagens, pôde-se aplicar este zoom muito mais vezes nos produtos oriundos da câmara Nikon sem que estourassem os pixels.

Fazendo uma comparação entre os resultados obtidos com as imagens geradas por cada câmara chegamos a conclusão de que a câmara Nikon F70 foi a teve um melhor desempenho. A restituição realizada a partir dos produtos oriundos da câmara Olympus, obtiveram como resultado final um erro acumulado de aproximadamente dois por cento(2%). Já a restituição realizada a partir dos produtos oriundos da câmara Nikon, obtiveram como resultado final um erro acumulado de aproximadamente meio por cento(0,5%).

O scanner utilizado neste trabalho para processar cada imagem foi sempre o mesmo, o que evitou uma disparidade dos resultados. Mesmo assim, a experiência de quem processa a escanerização e o cuidado em seu processamento podem influenciar a qualidade das imagens obtidas. Sendo o scanner da Zeiss uma aquisição recente do laboratório, ainda é preciso que se desenvolvam mais trabalhos

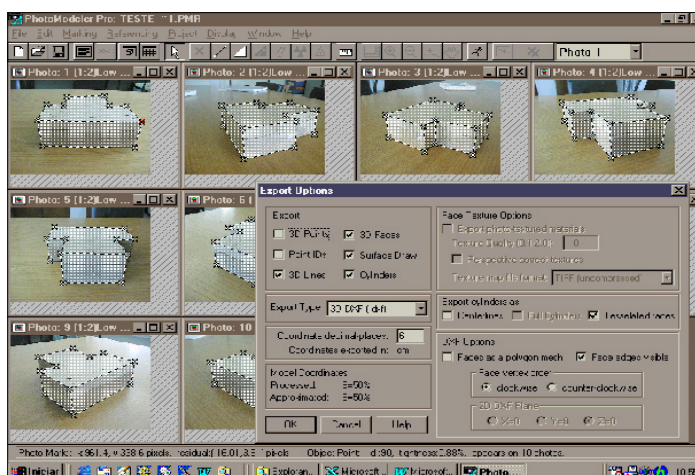


Figura 4.12 Janela do Photo Modeler para preparar o objeto

envolvendo seu uso, para que seja alcançada uma maior qualidade. Sendo assim, tentamos não chegar a conclusões errôneas, fazendo com que as imagens tivessem sempre o mesmo tipo de tratamento.

Quanto ao tamanho das imagens, foram feitos alguns testes de compressão de arquivos, e optou-se pelo armazenamento das imagens com extensão .TIFF, que praticamente não afetou a qualidade das imagens. Isso facilitou o processamento, , sem comprometimento da qualidade do trabalho.

A Fotogrametria Digital, *a priori* possui um custo muito alto, devido ao custo inicial do scanner, o que deixa de justificar sua não utilização, frente às vantagens que ela apresenta:

- o mais alto custo são com os operadores;
- os restituidores analógicos são muito mais caros que o scanner;
- a flexibilidade e as opções de se gerar novos produtos;
- maior potencial de automação do processo como um todo.

Além destes fatores acima citados, confirmam-se as teorias previamente descritas:

Para PEIPE (1999), “*a maior limitação das câmaras digitais é a resolução;*” no caso entra a resolução espacial, pois apenas a partir da aquisição das imagens no formato digital, pode-se acessar seu conteúdo radiométrico.

Conforme BOUNTON & BOUNTON (1995), “*as vantagens da câmara digital estão ligadas à praticidade, à rapidez e também à ecologia. Como os dados capturados por uma câmara digital são canalizados diretamente para o computador, não se perde tempo com revelação, não há um estágio intermediário de revelação do negativo, não é necessário comprar filmes e é totalmente abolida a utilização de materiais químicos cuja eliminação pode causar danos ao meio ambiente*”.

As câmaras digitais estão sofrendo um processo de aperfeiçoamento. Em poucos anos serão capazes de oferecer a resolução necessária para satisfazer as exigências técnicas, podendo substituir o processo híbrido adequadamente.(COELHO et al, 1999)

5 Sistema Fotogramétrico Digital em uso

De acordo com MOREIRA (2001), sensores fotográficos são todos os dispositivos que, através de um sistema ótico (conjunto de lentes), registram a energia refletida pelos alvos da superfície terrestre em uma película fotossensível, ou seja, o detetor chamado de filme fotográfico.

Para o Sensoriamento Remoto, os sistemas fotográficos mais utilizados são aqueles aerotransportáveis. Dentre eles podemos citar as câmaras métricas. Os produtos obtidos por estes sistemas são as fotografias aéreas.

Esta definição acima citada, pode ser aplicada aos sensores utilizados até então, porém, passa a ser inválida a partir do momento que o detetor da energia refletida é restringido aos filmes fotográficos. Existem novos sensores aéreos, onde o registro da energia refletida é feito por um CCD. Mas, para que possamos bem estabelecer estas diferenças é que aborda-se neste capítulo o sistema fotogramétrico em uso.

5.1 Reihenmeßkammer - RMK

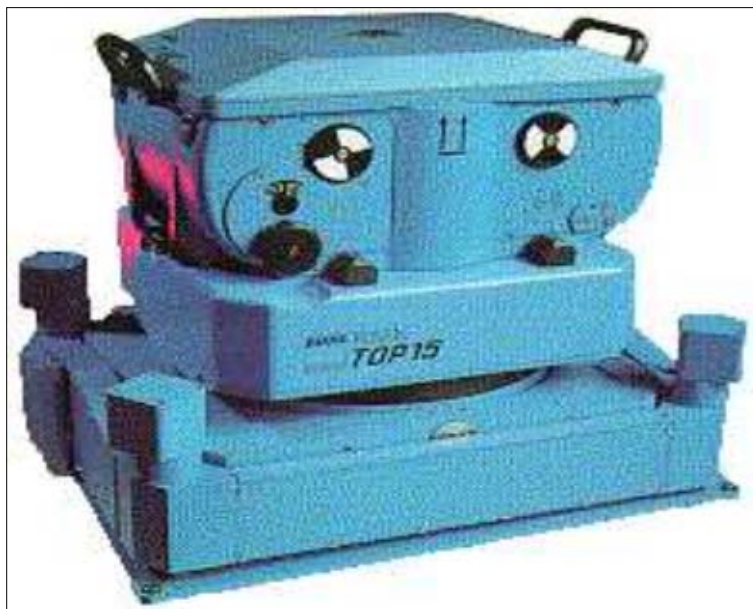


Figura 5.1 Câmara RMK Top

Fonte: ziimaging

RMK é uma câmara comercialmente disponível da série Carl Zeiss, Oberkochen, Alemanha. O primeiro instrumento da série RMK, é de 1955, e esta série, RMK Top, está sendo fabricado desde 1990 (vide figura 5.1).

O sistema modular RMK (vide figura 5.2), oferece interfaces interessantes para acessórios e adaptações de novos componentes (idênticos para todas as câmaras), assim como: berço, um magazine para filme, e um computador. O sistema sensor ainda dispõe de um controlador de nível automático, um controlador de deriva, mecanismos de exposição e planejamento de voo automático e compensador motor FMC (Forward Motion Compensation) - até trinta milímetros por segundo, pode agir este compensador sem comprometer a qualidade geométrica da câmara.



Figura 5.2 Sistema gerenciador do sensor

Fonte: ziimaging

A RMK Top ainda é equipada para combinar as funções com um subsistema de recepção de GPS. O software acoplado ao sistema sensor T-Flight, permite uma interpolação coordenada do centro de projeção em relação ao centro pré determinado. Se o GPS também servir ao sistema de navegação, a exposição pode ser disparada pelo GPS. Os dados do GPS, podem ser disponibilizados para dados marginais.

5.2 Filmes Fotográficos



Figura 5.3 Berço para o sensor

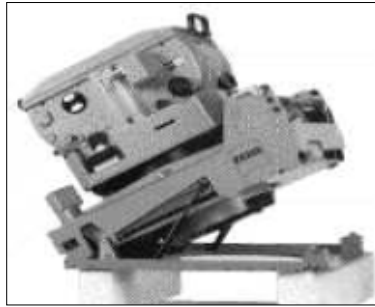


Figura 5.4 Estabilizador do berço

Fonte: ziimaging

Os filmes fotográficos são detetores capazes de responder à radiação eletromagnética em determinadas faixas do espectro eletromagnético. A sensibilidade espectral de um filme oscila entre 350 nm (ultravioleta) e 900 nm (parte do infravermelho



Figura 5.5 Imagem oriunda da RMK Top

Fonte: Aerodata

próximo) e depende da quantidade de radiação (tempo de exposição do filme à luz).

Os filmes utilizados em Sensoriamento Remoto podem ser reunidos em dois grandes grupos: os preto e branco e os coloridos. Quanto à sensibilidade ambos podem ser

divididos em de sensibilidade normal (espectro eletromagnético ótico 350nm e 700nm) e os de sensibilidade ao infravermelho próximo (350nm e 900nm).

Fabricante	Nome do produto e base do filme	Tipo de Filme	Sensibilidade espectral
Agfa-Gevaert	Aviophot Pan 150 PE Polyester	Pancromático Positivo	350nm – 750nm
Agfa-Gevaert	Aviophot Pan 200 PE Polyester	Pancromático Positivo	350nm – 750nm
Kodak	Plus –X Aerographic 2402 Estar	Pancromático Positivo	350nm – 750nm
Kodak	Panatomic-X Aerographic II 2412 Estar	Pancromático Positivo	400nm – 700nm
Kodak	High definition Aerial 3414 Estar Thin base	Pancromático Positivo	350nm – 700nm
Kodak	Infra Red Aerographic 2424 Estar	Infra vermelho	400nm – 900nm
Kodak	Aerocolor Negative 2445 Estar	Colorido Negativo	350nm – 700nm
Kodak	Aerochrome MS 2448 Estar	Colorido Positivo	400nm – 700nm
Kodak	Aerochrome Infra Red 2443 Estar	Colorido Infravermelho Positivo	400nm – 900nm

Tabela 5.1 Tabela sobre filmes fotográficos - Fonte: Kramer (1996)

5.3 Produtos obtidos a partir da Reihenmeßkammer através da Fotogrametria Digital

De acordo com KRAUSS (1996), a principal utilização da Fotogrametria é na confecção de mapas topográficos, seja como cartas de traço ou ortofotocartas. Quando tais produtos são criados em modernos instrumentos (digitalizadores tridimensionais) um valioso subproduto aparece: o Modelo Digital do Terreno. As informações sobre a forma e o uso do solo são armazenadas em um modelo e pode vir a ser processada de várias maneiras em um Sistema de Informações Geográficas.

Ainda de acordo com o mesmo autor, a Fotogrametria também pode ser utilizada para criar uma densa malha de pontos fixos que podem vir a servir de base para vários levantamentos de campo e levantamentos cadastrais, por exemplo para a determinação de coordenadas de divisas. Para tanto, é exigida uma precisão de coordenadas, que deve ser determinada na seleção da escala das fotografias.

O principal diferencial com a chegada da “Fotogrametria digital” encontra-se no aspecto qualitativo, ou seja na sua potencialidade, uma vez que a possibilidade de automatização nas etapas fotogramétricas torna-se o sonho perseguido pelos fotogrametristas.

Considerando que o Laboratório de Fotogrametria Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da Universidade Federal de Santa Catarina possui completos o Sistema Fotogramétrico Phodis e o Image Station, ambos de fabricação Zeiss, e através destes sistemas digitais, tem-se desenvolvido uma série de tese e dissertações para Programas de Pós Graduação, segue-se um apanhado desenvolvido por um destes pesquisadores (OLIVEIRA,2002).

5.3.1 Digitalização de Imagens Usando Phodis SC/SCAI – nome novo depois da *joint venture*

A empresa Z/I – Zeiss/Intergraph como fabricante e vendedora de hardware e software, produz um sistema fotogramétrico digital completo oferecendo o “ImageStation” aos seus usuários, ou seja, um completo sistema fotogramétrico de processamento digital de imagem.

Vogelsang (1997), comenta que o sistema PHODIS caracteriza-se por obrigar o usuário a realizar uma configuração inicial de um projeto, o qual segue padrões de um projeto estrutural típico, e que posteriormente é usado por todos os outros módulos no processamento dos dados. Assim, primeiramente é executada a estrutura do diretório, que é definido através das palavras-chaves indicando os diferentes diretórios. Um diretório-caminho é nomeado por cada palavra-chave. Estes diretórios-caminhos devem incluir palavras-chaves previamente definidas por ocorrência. Como resultado, os dados atuais podem ser arquivados em diferentes discos rígidos e em diferentes computadores e podem ser combinados em um novo projeto usando o arquivo de projeto. O arquivo de projeto usado no Phodis SC é então processado pelos outros módulos.

Dessa forma, comenta o autor, após a montagem do projeto em qualquer módulo do sistema pode ser depositado o arquivo contendo os parâmetros. Portanto o mesmo autor aconselha, criar no Phodis SC, vários arquivos de parâmetros diferentes para executar tarefas típicas, como por exemplo: arquivos que contenham dados para digitalizar diapositivos preto-e-branco, negativo-e-positivo, coloridos e infra-vermelho. Arquivos de parâmetros semelhantes podem ser usados como modelo e podem ser adaptados como requisitos para aplicações específicas.

Uma imagem digitalizada não pode ser considerada isolada, mas deve ser vista como parte de um conjunto de dados fotogramétricos. As informações consistem dos parâmetros da câmera fotogramétrica utilizada com os seus respectivos dados de

calibração, parâmetros da orientação interior, número da foto e dados, como a data e o local da missão, o número do rolo de filme, a companhia de vôo da missão, entre outros.

O módulo do Phodis SC automaticamente transfere os dados acima citados da imagem para o arquivo durante o processo de digitalização, assim assegura a utilização correta destas informações para todos os outros módulos do Phodis imediatamente após a realização desta tarefa, Vogelsang (1997). Se, por exemplo, a aerotriangulação for executada subsequente através do módulo Phodis AT, os números das fotos já estão relacionados às imagens de forma direta, não havendo trabalho de edição manual e consequentemente minimizando a probabilidade de erros grosseiros.

No processo de digitalização utilizando o módulo Phodis SC, os seguintes arquivos são criados:

- **arquivo de imagem (*.tiff, *.tld)**, arquivo binário contendo os dados de imagem;
- **arquivo de informação digitalizada (*.sin)**, ASC II arquivo contendo os parâmetros de digitalização;
- **arquivo de informação da imagem (*.di)**, arquivo binário contendo a orientação dos dados, o número lógico da foto e outro parâmetro da imagem.

5.3.1.1 Digitalização de Fotos Individuais:

A digitalização de fotos individuais envolve os seguintes procedimentos:

1. entrada dos parâmetros de digitalização;
2. entrada dos arquivos contendo os parâmetro;
3. definição das funções fotogramétricas ;
4. “Prescan”
5. “Scan”.

5.3.1.2 Entrada dos Parâmetros na Digitalização

Mehlo (1995) comenta quais são as configurações necessárias antes da realização de uma digitalização: tamanho do pixel ($7\mu\text{m}$, $14\mu\text{m}$, $21\mu\text{m}$, $28\mu\text{m}$, $112\mu\text{m}$, e $224\mu\text{m}$), tamanho da área a ser digitalizada e sua posição na lâmina que segura a foto. A posição da área digitalizada pode ser definida também numericamente ou interativamente usando o “mouse”. Um “Prescan” é considerado como pré-requisito para uma definição interativa precisa da área a ser digitalizada.

Um parâmetro necessário a digitalização é a escolha da cor, isto é, deve-se especificar previamente se a foto será digitalizada em preto e branco ou colorido. Para a digitalizar uma imagem preto e branco considerando-se a matiz de uma imagem colorida, a escala de cor, é admitida automaticamente, dessa forma o tamanho da imagem em bytes é imediatamente exibido.

No “menu“ de configuração prévia de uma digitalização, ainda devem ser definidos os parâmetros para exposição, contraste, conversão positivo-negativo e escala de cores. O operador tem a possibilidade de usar as configurações de “defaults” ou de selecionar ou definir as funções de imagem contendo “look-up-table”. A próxima entrada de dados deve ser a posição da imagem, esta função define “on line“ a execução de rotação e/ou espelhando da imagem no arquivo de imagem. Este é um processo requerido por alguns programas de aerotriangulação digital.

5.3.1.3 Entrada dos Arquivos de Parâmetros

Segundo Vogelsang (1997), este procedimento envolve a nomeação de um arquivo a ser digitalizado e a definição do formato do arquivo de imagem como TIFF ou TLD, o número da foto pode ser transferido à imagem neste estágio. O número é armazenado num arquivo de parâmetro de imagem e é subsequente usado, por exemplo, no Phodis AT.

5.3.1.4 Definição das Funções Fotogramétricas

Esta operação indica, por exemplo, a câmera usada para a fotografia. Também permite a especificação do arquivo pirâmide associado a cada imagem depois da digitalização, e que deverá ser realizada a orientação interior automática.

5.3.1.5 Pré-digitalização (Prescan)

O Prescan permite checar a seleção dos parâmetros de digitalização, a posição da foto no SCAI, assim como o brilho e o contraste. Se qualquer um dos parâmetros de digitalização precisar ser modificado o SCAN SETUP pode ser diretamente acionado. Além disso, possibilita chamar um histograma para configurar a digitalização. O PRESCAN é executado com uma resolução de 224 μ m e leva cerca de 1,5 minuto para um diapositivo de 230 x 230mm. A área de digitalização pode ser variada interativamente usando o “mouse“.

5.3.1.6 Digitalização (SCAN)

Segundo Roth (1996), os parâmetros digitais são divididos em dois grupos:

- parâmetros digitais geométricos e radiométricos;
- Definição de grupo: formato e nome.

Os parâmetros geométricos e radiométricos digitais são combinados em um menu.

Os mais importantes deles são:

- resolução “pixel” de 7 a 224 microns;
- Definição da área de digitalização (tomando por base a definição do pré-digitalização);
- Digitalização colorida ou monocromática;
- Digitalização em um diapositivo ou negativo;
- Definição radiométrica: transmissão, densidade ou uso da “Lookup table” (LUT);
- Correção de cores;
- Tempo de exposição;
- Negação “on-line” da imagem radiométrica.

Após a configuração de todos os parâmetros no Phodis SC, o digitalizador está pronto para iniciar o seu trabalho. Uma janela é aberta no monitor exibindo novamente os principais elementos da configuração para checagem e eventual correção. A exibição também mostra a duração estimada da digitalização, dependendo dos parâmetros envolvidos. Por exemplo para um diapositivo de 230 x 230mm demora 9 minutos e 30 Segundos com resolução de 14µm. O tempo de operação/execução do “scanner” não depende apenas do tempo selecionado, mas também do “SPEEDTABLE”. Torna-se desnecessário comentar que um fator de decisão é a performance da plataforma do computador usado, o que significa que diferentes “SPEEDTABLES” são avaliados por diferentes plataformas dos computadores, Vogelsang (1997).

A unidade de “scanner” SCAI compreende um sistema de medição de alta precisão com um poderoso sensor de linha CCD para digitalização monocromática e colorida, uma unidade de controle para controlar os ciclos de digitalização, um processador para os dados CCD, e um auto rebobinador para a automática digitalização de filmes completos sem cortes. A transferência de dados para o computador ocorre por meio da base SCSI-2. O programa SC inclui todas as funções requeridas para controle de scanner, transferência e organização para os dados em imagem, funções básicas de Fotogrametria e

funções de manipulação de imagens. O programa AutoWinder (AW), permite o controle de autoposicionamento do filme e a operação direta via computador, Roth (1996).

O transporte do filme e o reconhecimento dos ângulos da estrutura são completamente automáticos. O requisito básico para a digitalização do rolo de filme é o arquivo de filme criado para cada rolo deste e contém todas as montagens definidas para as fotos individuais. O SCAI usa o arquivo de filme como um arquivo de controle para o processamento seqüencial. O processamento de um arquivo de filme pode ser interrompido a qualquer hora e terminado mais tarde, enquanto o SCAI permanece ativamente conectado com o computador de controle. A digitalização do rolo de filme requer os seguintes procedimentos:

- todos os procedimento envolvidos em uma única digitalização, exceto o “Prescan” e o “Scan”;
- criação do arquivo de filme;
- edição e execução do arquivo de filme.

A criação do arquivo de filme dispensa comentários detalhados sobre onde ocorreu o vôo, em qual projeto está inserido, entre outros. O número das fotos incluídas no filme são digitalizados e somados aos arquivos previamente mencionados. Um arquivo com características gerais pode ser criado contendo uma amostra de todas as imagens digitalizadas individualmente. O arquivo contendo os dados gerais pode ser posto junto com o arquivo de filme, além disso a resolução da digitalização pode ser especificada neste momento.

A área a ser digitalizada e a posição da borda esquerda que contém os dados é enquadrada na lâmina que segura a foto, dessa forma há um automático reconhecimento das bordas do quadro. O “AUTOWINDER” sempre avança o filme por uma distância definida pela estrutura. Caso os intervalos das estruturas não sejam idênticos, pode acontecer que a borda do quadro à esquerda não pare precisamente na posição pré definida. Para que isso não ocorra a área da digitalização é ajustada considerando um fator de tolerância. Assim, se o posicionamento exceder exatamente esta tolerância, o “AUTOWINDER” corrige automaticamente a posição. Quando o menu é finalizado o arquivo de filme é criado.

Após o início da execução do arquivo de filme, o rolo é digitalizado quadro a quadro. Por meio da aplicação desta metodologia, um rolo de filme inteiro pode ser processado numa operação noturna, incluindo dados da orientação interior, estando disponível na manhã seguinte para dar continuidade aos trabalhos. Deve ser enfatizado que

a configuração para a digitalização não leva para o operário mais que uma ou duas horas, assim prepara-se um arquivo completo de imagem de um rolo de filme, que requer algumas horas escaneamento.

5.3.2 Descrição Detalhada dos Produtos ImageStation

5.3.2.1.1 ImageStation Photogrammetric Manager (ISPM)

Gerenciador de projetos de restituição. Permite a entrada de dados de vôo, de câmara e de terreno para a geração dos modelos fotogramétricos.

Principais características:

- Definição do fluxo de trabalho para a restituição;
- Definição de parâmetros da câmara;
- Criação de novas câmaras;
- Definição da faixa e nomenclatura automática das fotos;
- Entrada ou Importação dos pontos de controle de terreno em ASCII;
- Conversão de formatos para outros produtos (Pacotes de aerotriangulação);
- Entrada de dados para ortorectificação.

5.3.2.2 ImageStation Digital Mensuration (ISDM)

Permite a leitura e transferência de pontos através de fotos aéreas para o cálculo da Orientação Exterior.

Principais características:

- Orientação Interior;
- Orientação relativa;
- Orientação absoluta;
- Foto Resection;
- Geração do modelo estereoscópico;
- Leitura e medição de pontos (Gruber, Controle e Passagem);
- Exportação e importação para produtos de terceiros como Path-M, Path-B, Blur, Bingo etc.

5.3.2.3 ImageStation Stereo Display (ISSD)

Ambiente de trabalho para visualização estereográfica e restituição digital.

Principais características:

- Visualização e manipulação do modelo estereográfico;

- Sobreposição tridimensional do modelo com a base vetorial;
- Visualização simultânea da base restituída de forma estereográfica;
- Interpolação para controle de paralaxe on-line;
- Visualização de imagens em modo estéreo, mono ou vetor em até 8 janelas diferentes simultaneamente.

5.3.2.4 ImageStation Feature Collection (ISFC)

Automatização do processo de restituição através da definição prévia das feições que serão restituídas.

Principais características:

- Definição de feições gráficas;
- Características especiais para Curvas de Nível e Hidrografia;
- Comandos múltiplos para uma mesma feição (Linha, curva, arco e células);
- Células proporcionais;
- Pontos cotados de altimetria proporcional a marca flutuante.

5.3.2.5 ImageStation DTM Collection (ISDC)

Método interativo para compilação de Modelos Tridimensionais para geração de ortofotos ou mesmo projetos de engenharia.

Principais características:

- Coleta interativa de pontos altimétricos;
- Alteração de modelos existentes através do modelo estereoscópico;
- Inserção ou remoção interativa de vértices do modelo;
- Alteração da superfície on-line;
- Criação de falhas, *breaklines* e pontos de máxima e mínima para melhorar modelos existentes.

6 Novos Sensores Imageadores Aéreos Digitais Não Orbitais

6.1 Compact Airborne Spectral Imagery



Figura 6.1 Sistema gerenciador do CASI

Fonte: itres

Consultando o material disponibilizados em várias mídias pelo fabricante, constata-se que o CASI é um sensor multiespectral que possibilita a geração de imagens digitais programáveis no intervalo do espectro visível (430 nm) ao infravermelho próximo (870 nm) e uma visada com um ângulo de 34,2° na faixa. Os componentes do sistema CASI, são demonstrados na figura abaixo: a Unidade do Sensor propriamente dita (Sensor Head Unit), contendo o espectrógrafo e o CCD, que podem ser montados em qualquer outra plataforma para fotografia aérea . A unidade de controle de instrumentos (Instrument Control Unit) controla e apresenta em tela os dados adquiridos e aceita intervenções do operador do sensor através da Unidade de Comandos (Keyboard Unit). A Unidade de apresentação em tela (Video Display Unit) permite uma interatividade entre o monitoramento dos dados coletados e os parâmetros de configuração dos instrumentos.

O CASI pode ser programado para operar em qualquer um dos três modos de leitura no CCD. No modo espacial (Spatial Mode), a faixa de cobertura completa, com resolução de 512 pixels é obtida por mais de 19 bandas espectrais, sem sobreposição, com comprimento de onda principal e largura de banda programáveis. No modo espectral (Spectral Mode), 288 fendas espectrais com um intervalo de 1,8nm cada de um limitado número de pontos. Uma imagem monocromática na resolução espacial máxima é também

adquirida no modo espectral. O modo de operação de moldura (Full Frame Mode), permite digitalização do de 512 X 288 pixels inteiro, e, em função da quantidades de dados envolvidos, recomenda-se o uso deste modo de operação para pesquisas ou coleta de dados para calibrações de instrumentos. Em todos os modos de obtenção de dados, a digitalização tem uma precisão de 12 bits.

O software do sistema sensor, permite uma interface interativa entre os ajustes de configuração e o operador do sistema. Já os software de gravação e reprodução dos dados pode ser disponível em ambientes DOS ou UNIX.

Uma série de opções são disponíveis no Sistema CASI, que incluem: Correção de Linha por GPS, alta taxa de aquisição de dados, realce da sensibilidade ao azul, e calibração do sistema.

As imagens geradas pelo CASI são bidimensionais, ou seja, são construídas por linha-coluna no sentido do deslocamento da aeronave, em tempo real, podendo-se fazer uma seleção prévia de até 12 bandas que melhor se adaptam as diferentes áreas, conforme as características ambientais locais.

Esta maneabilidade do sensor é de vital importância para se obter resultados mais satisfatórios na classificação automática de imagens. A disponibilidade de 12 imagens simultâneas da área de interesse, permite a estruturação de sistemas matriciais consistentes com o maior número de correlações possíveis, o que proporciona resultados muito mais eficientes do que naqueles sensores que apresentam menores números de fendas ou bandas espectrais.

O uso do CASI para aplicações ambientais, por exemplo para casos de detecção de fontes poluidoras e grau de contaminação da água, deve ser o principal objetivo a ser buscado através do uso deste tipo de sensor.



Figura 6.2 Imagem oriunda do CASI (RGB somado a infravermelho falsa cor para uso na agricultura

Fonte: itres

Sabe-se que este sensor foi especialmente idealizado pelos canadenses para a investigação da qualidade da água, julga-se que este sensor pode vir a resolver uma série de problemas decorrentes de um possível catástrofe.

Em investigações científicas efetuadas no início da década de 90 utilizando uma das primeiras versões do CASI, obteve-se excelente resultados na previsão de safras de maçãs, investigando-se todo o ciclo de produção desta fruta, e discriminando-se a qualidade da água nos diferentes tanques de decantação utilizadas no processamento industrial. É salientar que seria impossível identificar aquelas diferenças na qualidade da água simplesmente através da interpretação visual. O grande número de bandas espectrais do sensor possibilita obter resultados consistentes na classificação automática dos dados.

6.2 Digital Modular Camera 2001

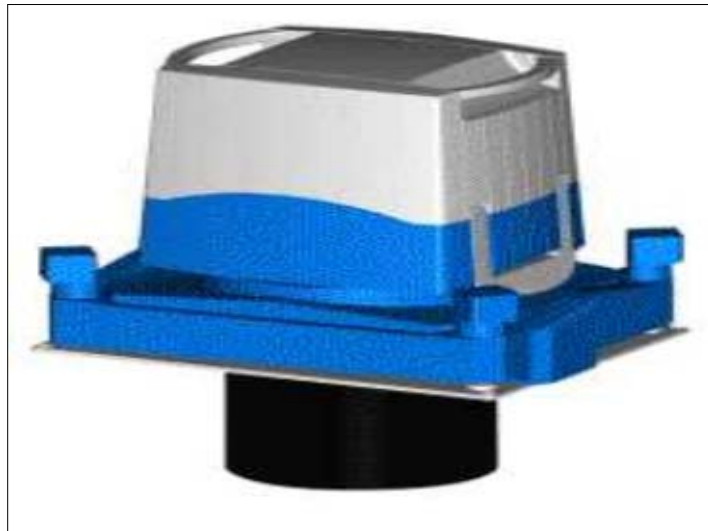


Figura 6.3 Digital Modular Camera 2001

Fonte: ziimaging

Consultando o material disponibilizados em várias mídias pelo fabricante, constata-se que a Digital Modular Camera 2001 (vide figura 6.3), é um sensor apresentado à comunidade científica no último congresso da ISPRS, em julho de 2000, em Amsterdam. Trata-se de um sensor imageador passivo em sistema de moldura, ou seja, um sensor inovador, pois trata-se de um sensor digital que capta as imagens, obtendo como produto uma imagem semelhante as imagens obtidas através de sensores analógicos convencionais, o que permite que se prossiga com as etapas de restituição, desenvolvimento de ortofotos, etc, sem que seja necessário treinamento ou adaptação do mercado para que possa trabalhar com estas imagens ou o sensor.

O sistema sensor DMC2001, é composto por:

- Sistema de gerenciamento de voo, GPS, controles do piloto,
- Sistema de acompanhamento, com discos rígidos permutáveis, uma tela de acompanhamento
- Sensor propriamente dito, que é a câmara, que é dividida em três partes distintas: o sistema de lentes, os componentes eletrônicos e a unidade de controle.

Todos estes componentes trabalham simultaneamente a fim de garantir um resultado eficiente (vide figura 6.4).

A DMC2001, é desta maneira denominado, em função da composição da estrutura da câmara propriamente dita. Pode-se adquirir o sensor com apenas duas das câmaras pancromáticas, e adquirir os outros módulos gradativamente. A disposição de cada uma

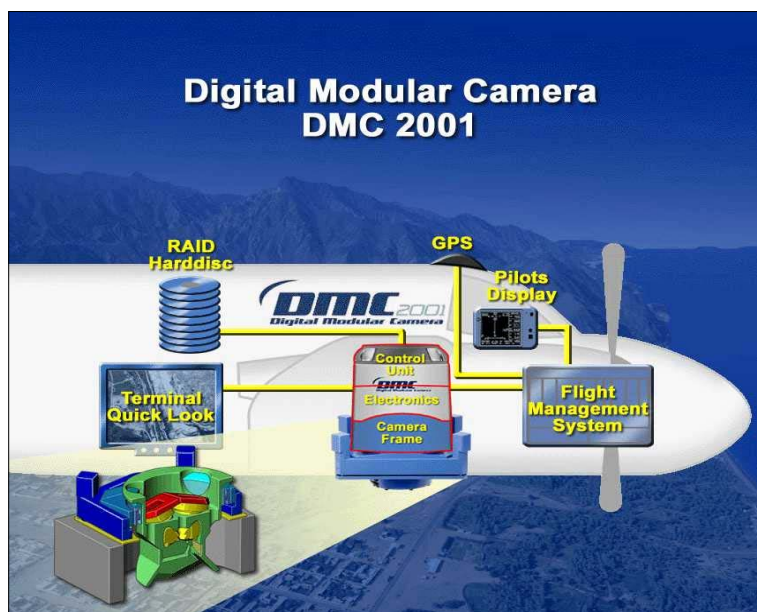


Figura 6.4 Componentes da DMC2001

Fonte: ziimaging

das câmaras é representada na figura 6.5, onde as quatro câmaras pancromáticas ficam na periferia, e as outras, no centro do módulo. Esta composição, melhora, consideravelmente a geometria do produto final, uma vez que age utilizando de uma sobreposição nos módulos referentes a cada uma das câmaras, ela acaba por transformar o cone de projeção, diminuindo por exemplo os efeitos de distorção radial nas extremidades da imagem.

As outras câmaras, que ficam no centro do módulo, são as que captam o vermelho, o verde e o azul, ainda com a opção de uma captação no infra vermelho, que depois se sobrepõe à imagem obtida a partir das câmaras pancromáticas, obtendo desta forma o produto final com a devida resolução espacial, e espectral.

Quanto a resolução radiométrica, este sensor, particularmente, são perceptíveis até mil valores de cinza em sua resolução radiométrica, o que permite visualização em regiões com sombras.

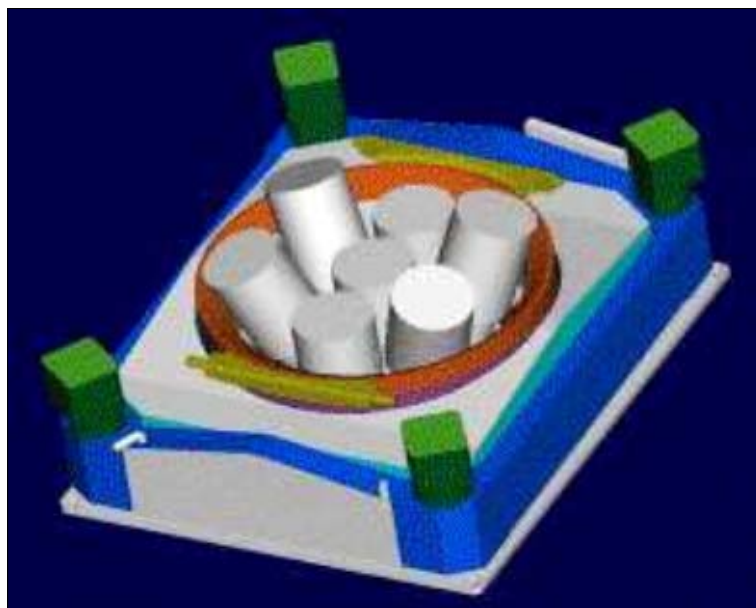


Figura 6.5 Estrutura modular da DMC2001

Fonte: ziimaging

Quanto à resolução espacial, podemos observar que para um voo, a uma altura de 1375m, sendo a distância focal da câmara em torno de 153mm, é de aproximadamente cinco centímetros.

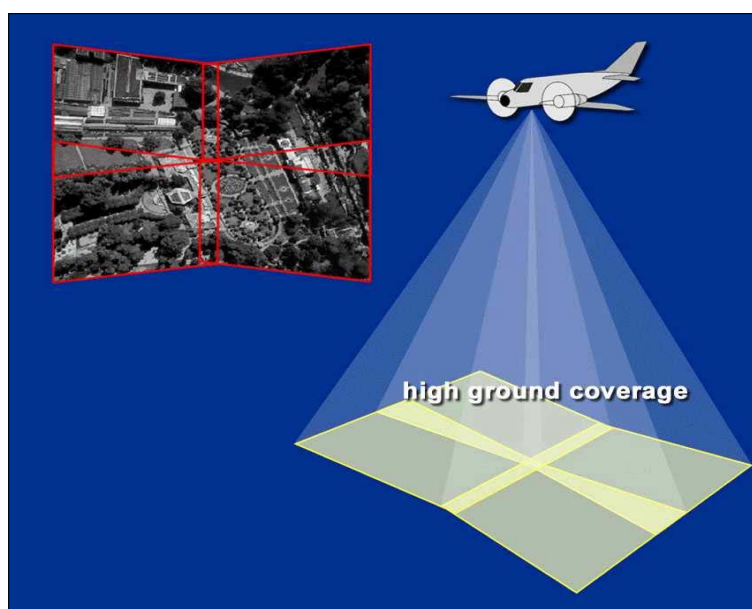
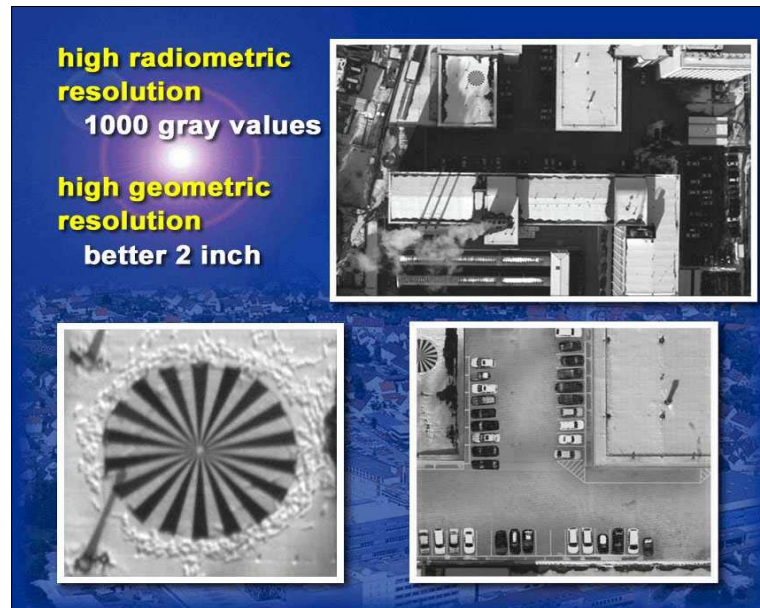


Figura 6.6 Composição de imagens pancromáticas

Fonte: ziimaging



Fonte: ziimaging

Figura 6.7 Efeito do acesso ao conteúdo radiométrico e resolução espacial

Em função de todos os aspectos acima citados, esta câmara permite a composição automática de mosaicos sobre a área sobrevoada.

A principal vantagem na utilização nesta câmara, consiste no fato de que não há alteração do processo na Fotogrametria Digital em si, quer utilizando-se um sensor digital, ou um sensor analógico, onde a imagem digital gerada resultará o que denominamos produto híbrido. A obtenção das imagens permite que continue-se trabalhando com os mesmos sistemas de restituição que usa-se quando trabalha-se com um produto híbrido.

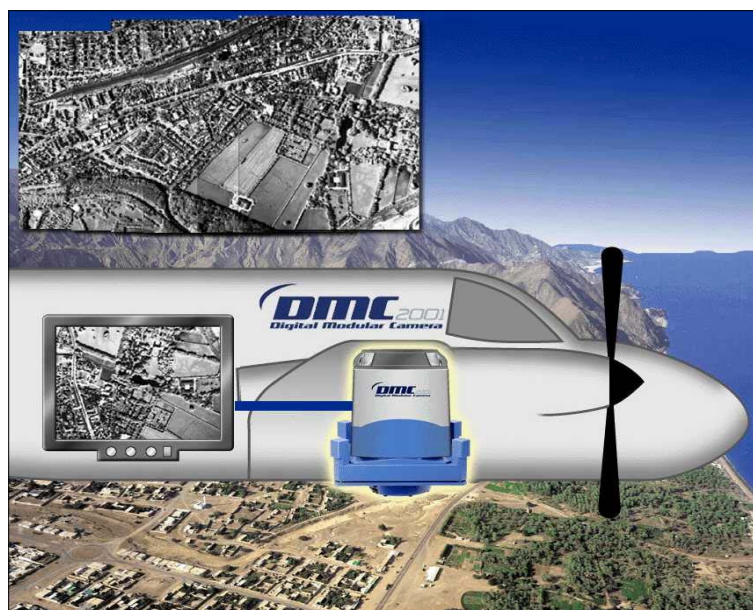


Figura 6.8 Composição de mosaicos

Fonte: ziimaging

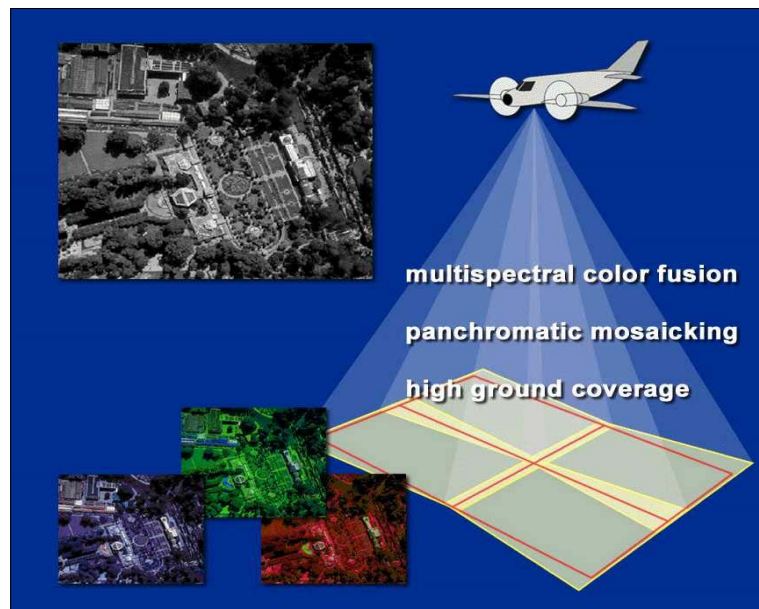


Figura 6.9 Composição de imagens multiespectrais

Fonte: ziimaging

6.3 Laserscanner

Quando se busca literatura quanto ao Laserscanner, percebe-se que atualmente existem vários fornecedores deste sensor a nível mundial, sendo que os mais conhecidos são: o alemão, o suíço, o holandês e o canadense. Como não o enfoque principal desta pesquisa, fez-se apenas uma investigação sobre o sensor alemão de propriedade da empresa Toposys .

Os serviços prestados pela TopoSys GmbH, consistem basicamente na produção

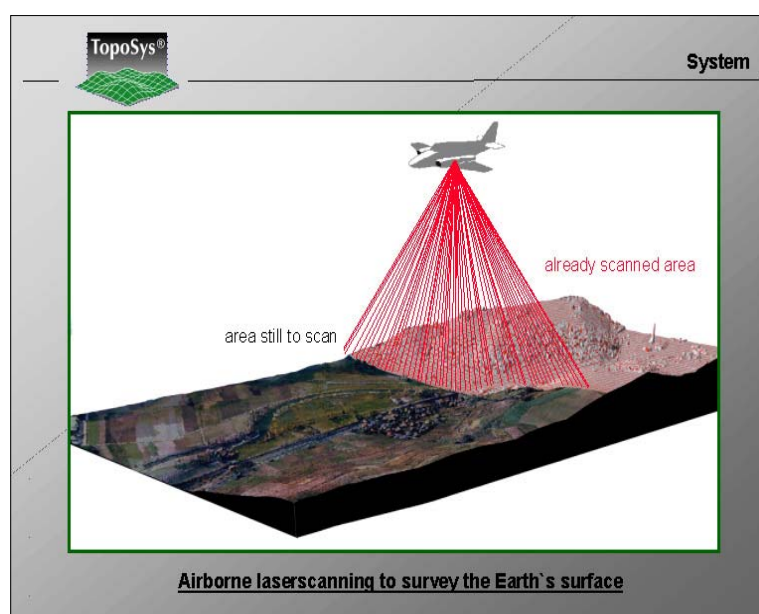


Figura 6.10 Princípio de imageamento do Laserscanner

Fonte: Toposys

de Modelos digitais de terrenos, através da nova ferramenta, o sensor Laserscanner.

Consultando o material disponibilizados em várias mídias pelo fabricante, constata-se que trata-se de um sensor ainda pouco utilizado no Brasil; no entanto bastante conhecido em outros países, tais como na Alemanha.

Este sensor permite medições planialtimétricas com precisão de até quinze centímetros, o que é muito superior àqueles resultados que normalmente são obtidos em mapeamentos de classe “A”, na escala 1:2000.

O princípio do sensor consiste na emissão de ondas na faixa laser do espectro eletromagnético. A energia emitida é refletida pelo solo ou o primeiro corpo e recebida

pelo sensor. O tempo decorrido é gravado e transformado em um arquivo de distâncias, percebe-se que as altitudes do relevo são obtidas ponto a ponto (vide figura 6.10).

Em função de a tecnologia dos sensores e da informática ter aperfeiçoado seu potencial vertiginosamente nos últimos tempos, agora é possível determinar e gerar arquivos de posicionamento de uma aeronave com precisão altíssima, utilizando um

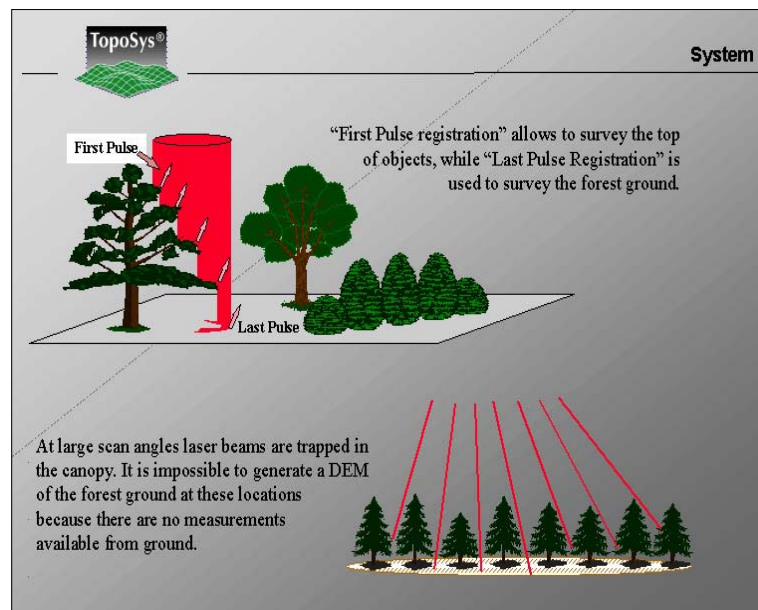


Figura 6.11 Princípio de ação dos raios

Fonte: Toposys

sistema de posicionamento híbrido, que consiste na fusão do GPS – *Global Positioning System* e do INS – *Inertial Navigation System*. Estes arquivos, o de distâncias e os de posicionamento - são relacionados , o que permite a geração do modelo digital do terreno. Em função da varredura por pulsos, a geração do produto obtido através do Laserscanner, permite um modelo digital do terreno considerando ou não a vegetação ou edificações, logo pode-se “limpar” a área, obtendo o modelo no nível do solo e outro no nível da vegetação e edificações(vide figura 6.11).

O imageamento propriamente dito é obtido através de um sensor que opera simultaneamente com o Laserscanner, obtendo imagens em quatro faixas espectrais a do vermelho, do verde e do azul – modelo de cor RGB (Red Green Blue – Vermelho Verde Azul) - e ainda, a do infra vermelho(vide figura 6.12). Além disto, obtém-se ainda imagens na faixa do infra vermelho, que capta e torna visíveis aspectos imperceptíveis ao olho

humano em função da faixa espectral que lhe é sensível, como por exemplo, quantidade de clorofila como fator determinante na saúde da vegetação.

Os produtos podem ser fornecidos, com o sensor propriamente dito, ou o fabricante pode executar o serviço, desde a etapa de planejamento, levantamento propriamente dito, a entrega dos produtos digitais em CD-ROM, em qualquer sistema de projeção e ainda qualquer extensão, conforme requisição do cliente.



Figura 6.12 Imagem RGB e infravermelho falsa cor

Fonte: Toposys

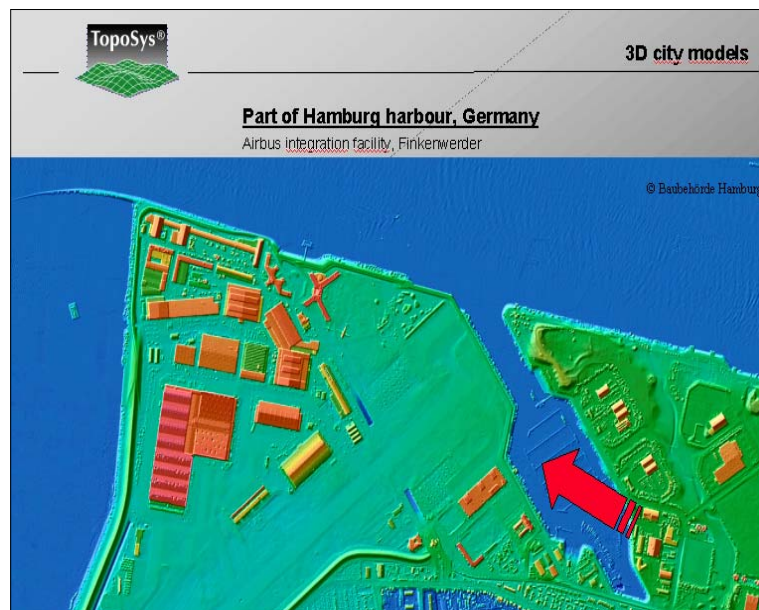


Figura 6.13 Exemplo de produtos do Laserscanner

Fonte: Toposys

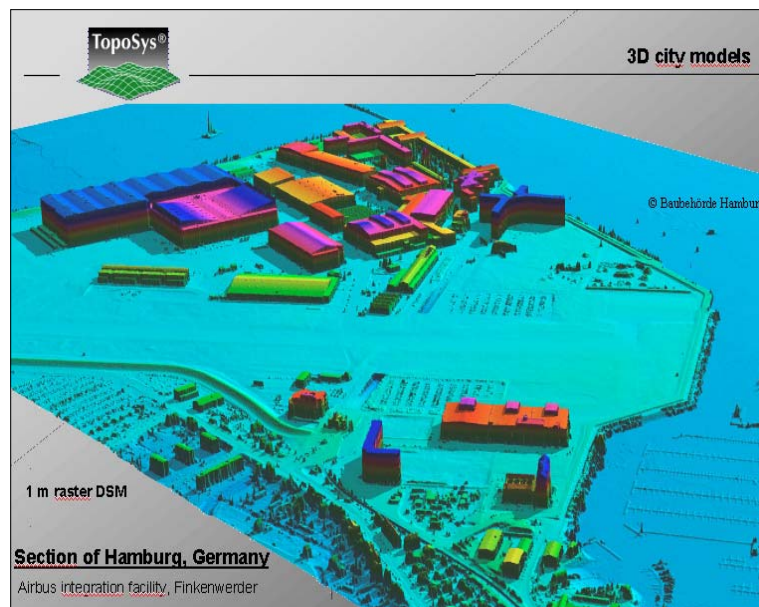


Figura 6.14 Exemplo de produtos do Laserscanner

Fonte: Toposys



Figura 6.15 Exemplo de produtos do Laserscanner

Fonte: Toposys

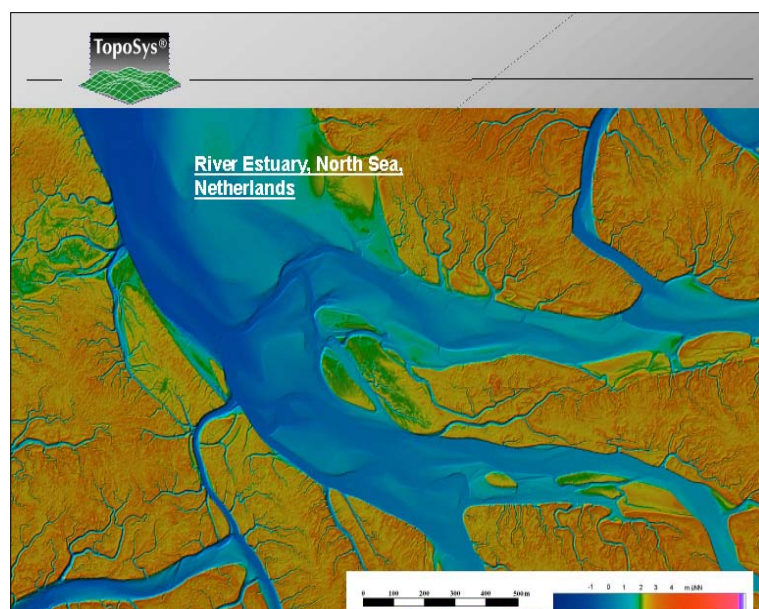


Figura 6.16 Exemplo de produtos do Laserscanner

Fonte: Toposys



Figura 6.17 Exemplo de produtos do Laserscanner

Fonte: Toposys



Figura 6.18 Exemplo de produtos do Laserscanner

Fonte: Toposys

6.4 Airborne Digital Sensor 40



Figura 6.19 Airborne Digital Sensor 40

Fonte: LH Systems

Trata-se de um sensor, no sistema de varredura que conta com três sensores lineares de alta resolução. Ao colocar os três sensores lineares em distintas posições do plano focal tem-se como resultado três vistas com três perspectivas diferentes na direção do voo, uma frontal, uma vertical e uma posterior. As imagens provenientes de cada linha resultam em faixas distintas. Cada uma destas faixas oferece uma perspectiva diferente dos objetos sobre o terreno. Ao contar com três faixas, provenientes dos três sensores existem três combinações de perspectivas possíveis para a observação estereoscópica: Frontal e Vertical, Vertical e Posterior, ou Frontal e Posterior.

A ótica do sensor ADS40 foi especialmente desenhada para a aquisição de imagens de alta resolução pancromáticas e multiespectrais. A lente em si é similar no peso e nas dimensões à objetiva de uma câmara aérea RC30 da LH Systems. Ambos os desenhos óticos são totalmente diferentes atendendo aos diversos requerimentos de registro de informação que devem satisfazer.

Em uma câmara aérea de película fotográfica, o elemento crítico a controlar é a distorção geométrica, no caso do sensor digital o ponto chave é preservar a Telecentricidade do lado da imagem. Esta especificação é em geral importante para

qualquer sensor digital de imagem. O sensor ADS40 utiliza sete sensores lineares, três pancromáticos (frontal, vertical e posterior) e quatro linhas espectrais (azul, verde, vermelho e infravermelho próximo, e opcionalmente, pode-se instalar outro infravermelho). Este sensor, permite também acesso a seu conteúdo radiométrico (vide figuras 6.20, 6.21).

O computador de bordo do sensor tem várias funções e inclui vários componentes:

- É a plataforma para o processamento de dados e é a unidade de controle do sensor
- Inclui memória de armazenamento para a imagem e demais dados da missão.
- Sistema de orientação e posição
- Interfaces para o piloto e o operador com os elementos de controle para o usuário.
- Interfaces de dados para conectar-se com outros sensores ou dispositivos.

Devido à característica linear do sensor, para poder reconstruir fielmente a imagem, é imprescindível conhecer a orientação e posição de cada linha registrada. Teoricamente, isto pode ser realizado mediante técnicas de aerotriangulação. Dado o volume de dados envolvidos, esta técnica exigiria demais do computador. O método alternativo é registrar os dados de posição e atitude do sensor para cada linha de imagem durante a tomada. Esta segunda alternativa resultaria onerosa. Considerando o anterior, optou-se por uma solução de compromisso entre ambas, incorporando um Sistema de medição de Posição e Orientação (POS) que mede parâmetros até um certo grau de exatidão, suficientes para aliviar os computadores nos trabalhos de aerotriangulação a níveis razoáveis.

Different imaging concepts

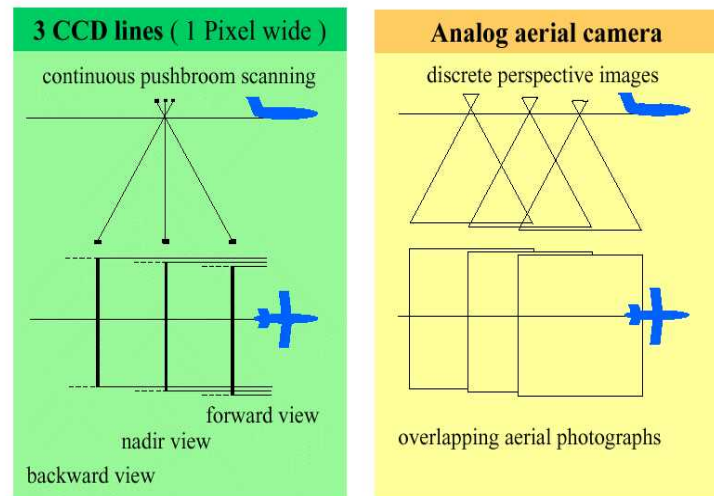


Figura 6.20 Conceito de três linhas

Fonte: LH Systems

Effect of central perspective

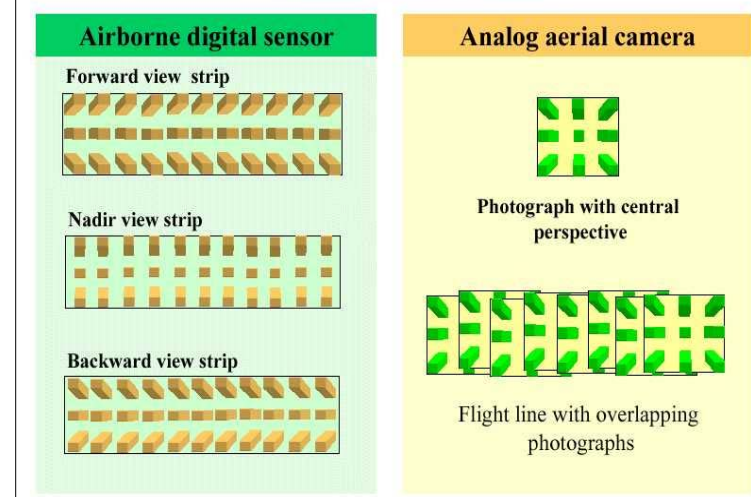


Figura 6.21 Perspectiva

Fonte: LH Systems

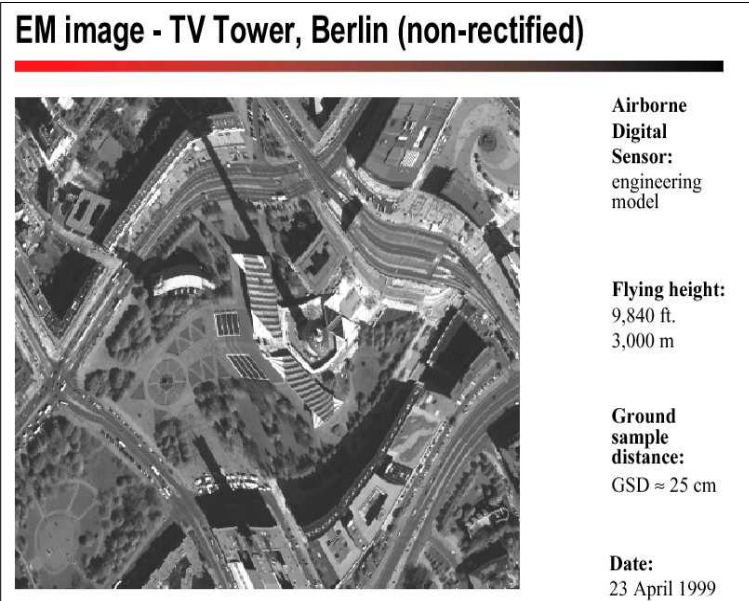


Figura 6.22 Imagem oriunda do ADS 40 antes da retificação

Fonte: LH Systems

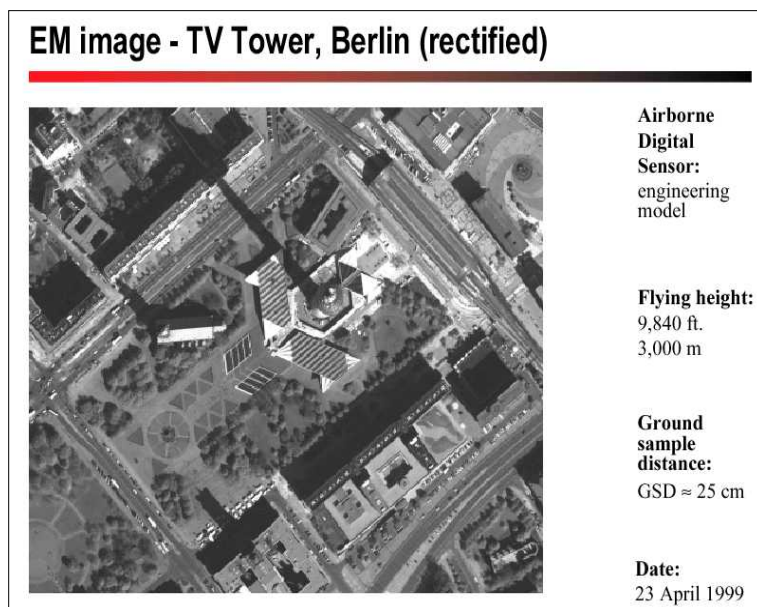


Figura 6.23 Imagem oriunda do ADS 40 depois da retificação

Fonte: LH Systems

7 Considerações quanto a Utilização de Sensores Imageadores Aéreos Digitais Suborbitais no Mercado Brasileiro

Imagens de satélite e fotografias aéreas não são competitivas. Esta ainda é, hoje em dia, uma afirmação unânime entre os pesquisadores de Fotogrametria. No entanto quando fala-se de resolução espectral e radiométrica de sensores, muitos pensam direto nas imagens de satélite.

Basicamente, a maior importância de imagens de satélite está na atualização do Cadastro Técnico Multifinalitário, mas também é imprescindível na identificação de irregularidades, ou parcelamento. A desatualização do mapeamento e as alterações rápidas que ocorrem no meio urbano e rural, fazem com que haja a necessidade de se verificar periodicamente as condições em que se encontram os terrenos.

O monitoramento do uso do solo é imprescindível para a existência de um mapeamento preciso geometricamente, sendo necessária uma escolha adequada do sensor e das vantagens e limitações que cada um oferece.

Em quase todos os grandes aglomerados urbanos brasileiros, os cadastros de imóveis e de rede de infra-estrutura sofrem dos mesmos males: insuficiência de recursos, falta de integração.

De acordo com BÄHR (1989), a permanente modificação dos dados exige que as informações tenham um sistema de comunicação bem organizado. As informações cadastrais necessitam de uma administração efetiva e imparcial, com capacidade para atualizar tais informações, de forma constante e contínua.

Conforme MELO (1985), o Cadastro Técnico Multifinalitário, com obtenção de dados através da Fotogrametria, é a ferramenta ideal para o planejamento, por conter informações setoriais sobre temas específicos, os quais são interrelacionados, de modo que um dado só tem significado se estiver posicionado em relação à superfície terrestre global do país ou região.

De acordo com KARNAUKHOVA (1999), as imagens adquiridas através da técnica de sensoriamento remoto orbital, representam os modelos da superfície terrestre, refletindo a situação geográfica real no momento de aquisição da imagem. As principais características destas imagens, das que oferecem as maiores vantagens no seu uso para mapeamento sistemático de uma região são as seguintes:

- A possibilidade de imageamento complexo da paisagem, incluindo os componentes naturais e antropogênicos;
- A vasta região espectral e a possibilidade da variação das combinações espectrais para estudos específicos;
- As propriedades de alta panorâmica das imagens (desde 10 mil Km² até um hemisfério) e as possibilidades de composição de mosaicos;
- A variação de escalas e a resolução espacial adequada aos trabalhos de monitoramento ambiental e atualização do Cadastro Técnico;
- A periodização do imageamento;
- A cobertura múltipla e contínua da superfície terrestre;
- A complementaridade entre sensores distintos;
- A disponibilidade de tecnologias de interpretação;
- A relativa rapidez e facilidade de aquisição, incluindo as vantagens de ordem econômica.

Para LOCH & KIRCHNER (1988), as imagens orbitais e as fotografias aéreas não são concorrentes nos trabalhos de mapeamento cadastral, mas sim, complementares.

As fotografias aéreas convencionais, se prestam com eficiência à execução dos mapas temáticos do cadastro técnico nas escalas 1:2000, 1:5000 ou 1:10000, escalas típicas dos mapeamentos executados no Brasil. As imagens orbitais se prestam com eficiência na atualização dos mapas, pois a atualização por vôos fotogramétricos é inviável.

Deve-se considerar, segundo LOCH (1990), que as escalas utilizadas para áreas rurais de 1:10000, como complemento é conveniente que sejam gerados mapas em escala menor para que se tenha uma visão sinóptica da área, visando projetos de zoneamento.

Se considerarmos que os mapas do cadastro técnico rural, são gerados a partir de fotos aéreas na escala de 1:15000 a 1:30000, e os oriundos das imagens de satélite atuais (Ikonos), são de uma escala de aproximadamente 1:60000, vemos que este (a escala) ainda é um fator limitante para mapeamentos, mas estes, claro, são função das exigências e dificuldades de obtenção do detalhamento desejado. Entretanto, se antes esta ferramenta já era considerada eficiente na atualização de mapeamentos, hoje em dia, vem se aprimorando cada vez mais.

De acordo com os fatores acima citados, fica evidente uma lacuna para levantamentos visando mapeamentos. Hoje em dia esta lacuna é preenchida com os sensores aéreos suborbitais analógicos, que fornecem produtos que podem vir a ser digitalizados e servir de dados de entrada para os sistemas fotogramétricos. No entanto, ainda resta uma espaço, que consistiria em obter em nível suborbital, imageamentos simultâneos a partir de um mesmo sensor, visando os mais diversos tipos de mapeamento. Ou ainda, o desenvolvimento de sensores que dispensem o scanner do processo fotogramétrico. Vê-se então aqui, um vasto mercado para a utilização e desenvolvimento destes novos sensores digitais no mercado mundial, tendo em vista, é claro, suas mais diversas aplicações. Com a realidade dos sensores imageadores aéreos digitais suborbitais, estas propriedades das imagens tornar-se-ão corriqueiras na Fotogrametria propriamente dita, beneficiando o usuário do produto final, que adquirirá em menos tempo, com um menor custo um produto de qualidade para os mais variados fins.

7.1 Quanto às resoluções

7.1.1 Quanto à resolução espacial

Assim como na Fotogrametria Terrestre, ainda existe muito campo para aperfeiçoamento no que diz respeito à resolução espacial para sensores imageadores digitais. No entanto, o sistema Laserscanner, por na verdade ser composto de dois sensores distintos simultâneos, garante uma boa resolução espacial. No mercado brasileiro em geral, é necessário que se digitalize um produto com escala 1:8000, com resolução aproximada de 15 μ m para a aerotriangulação, e, nos vôos experimentais com os novos sensores digitais, esta resolução ainda não é alcançada. É devido a este fator que os próprios fabricantes não recomendam uma substituição do sistema híbrido pelo digital.

7.1.2 Quanto à resolução espectral

Sem nenhuma dúvida os sensores digitais são superiores aos analógicos em função da resolução espectral. Eles permitem que se tenha acesso a este conteúdo em faixas espectrais independentes, permitindo uma visualização de nuances mais claramente. O CASI, especialmente, permite que se tenha até 288 faixas espectrais, permitindo que venha a fornecer dados espectrais impensáveis em sensores analógicos. Neste sentido, a inserção destes sensores digitais no mercado é um salto mais que significativo.

7.1.3 Quanto à resolução radiométrica

A DMC2001 e o ADS40, permitem que se trabalhe em regiões de sombra separado do resto da fotografia, o que também era impossível nos sensores analógico, pois o que não estava em sombras queimaria. Desta maneira, estes sensores permitem esta visualização a partir de um mesmo produto, reduzindo o trabalho de levantamento propriamente dito.

7.2 Quanto às aplicações

Devido ao aperfeiçoamento em função da resolução espacial e mais os fatores de ordem econômica, os fabricantes da DMC2001 e do ADS40, declaram que seus sensores digitais não concorrem com seus sensores analógicos, mas complementam-os por enquanto. Suas aplicações são distintas em função do alcance ao conteúdo radiométrico da imagem e ainda acesso ao conteúdo espectral. Desta maneira, suas aplicações são mais direcionadas para o Meio Ambiente, Vegetação, Recursos Naturais, Qualidade e monitoramento de água, Substrato aquático, Uso do Solo, Defesa, Transportes, Urbanismo, Turismo, etc.

7.3 Quanto ao tipo de produto

A DMC201, fornece ao usuário um produto em um quadro, com número de pixels variando em função da modulação da câmara em uso. Este quadro pode ser até de 13500 X 8000 pixels. Como produto então, têm-se um quadro, como os utilizados atualmente, gerados com projeção cônica utilizando todos os princípios da Fotogrametria. Logo o sistema para a utilização destes produtos pode ser exatamente o mesmo utilizado hoje em dia. Desta maneira, não há uma necessidade de adequação dos profissionais a manipulação destes novos produtos, mas uma atualização destes profissionais quanto ao seu potencial.

Já o CASI, o ADS 40 e o Laserscanner, produzem uma imagem por varredura, que portanto está mais sujeita às distorções em função da deriva da aeronave. Seu produto é uma imagem em faixas contínuas. No entanto, estes produtos, apresentam sérios problemas de retificação das imagens, conforme pode-se observar nas figuras 6.22 e 6.23 e visualização estereoscópica. Os sistemas para trabalhá-los, já não são mais os mesmos. O Laserscanner, no entanto, gera um arquivo *.dat, com uma nuvem de pontos. Logo o seu produto apresenta-se diretamente em visão ortogonal, com um erro planialtimétrico máximo de quinze centímetros em coordenadas absolutas.

7.4 Quanto à certificação

Um grande problema existente no Brasil atualmente, no que diz respeito ao uso de produtos digitais, é a falta de credibilidade jurídica destes. Não há nenhuma espécie de regulamentação para o uso de produtos digitais. Na verdade, o problema é ainda mais grave: já existe jurisprudência quanto à validação de provas elucidativas em alguns processos, onde imagens oriundas de sensores digitais foram rejeitadas. Muito se fala no país, a respeito de segurança de dados. O assunto hoje em dia contemplado, restringe-se, exclusivamente, a segurança de dados nos sistemas. Entretanto, deve-se contemplar ainda, segurança nos dados de entrada, pois, nenhum sistema apresentará resultado eficiente e verídico, se os dados de entrada não corresponderem à realidade.

A realidade brasileira é abordada na publicação de LEDO (2001), onde Geraldo Facó Vidigal e Fernando Nery, falam sobre o II Internet Day: Seminário de Comércio Eletrônico, evento realizado pela Câmara Americana de Comércio em 22 de agosto de 2001 na cidade de Brasília. O artigo ressalta a urgência de legislação para as transações eletrônicas, visando garantir a segurança das informações., destacando: “(...)que a falta de legislação implica na fragilidade do documento eletrônico como prova jurídica. (...)”(Nery)

(...)Documentos, transações, títulos, firmas e assinaturas adquirem subjetividade que deve ser enquadrada em nova legislação. No entanto, estas novas leis não podem ‘congelar’ a tecnologia, sob pena de impedirem a evolução do mercado.(...) (Vidigal)

As situações mais simples, á primeira vista, podem resultar em problemas bastante complexos, como sobre a definição do que é original e cópia na multiplicação dos documentos digitais. Isso exigirá perícias específicas, porque diz respeito à segurança e manutenção da ordem jurídica. Esse é um dos motivos pelos quais se deve ter pressa na legislação relativa à responsabilização por fraudes no meio virtual.(...)(Vidigal)

Na convergência do mundo real com o virtual, é preciso definir o que deve ser preservado em papel e documento eletrônico, para evitar duplicidade de armazenamento. Isso tudo exige soluções rápidas, pragmáticas e viáveis.(...)(Nery)”

7.5 Quanto à aquisição

O preço para a aquisição do Sistema CASI em 31/12/2001 era de US\$ 850.000,00 (oitocentos e cinquenta mil dólares americanos).

O preço para a aquisição do Sistema DMC2001 em 31/12/2001 era de DM\$ 3.000.000,00 (três milhões de marcos alemães).

O preço para a aquisição do Sistema ADS40 em 31/12/2001 era de US\$ 1.000.000,00 (um milhão de dólares americanos).

O preço para a aquisição do Sistema Laserscanner da Toposys em 31/12/2001 era de € \$ 1.500.000,00 (um milhão e quinhentos mil euros).

Na mesma data, o preço de aquisição de uma câmara RMK Top era de US\$ 408.500,00 (quatrocentos e oito mil e quinhentos dólares americanos), e o preço para a aquisição de todos os acessórios da câmara RMK Top, que também são os mesmos utilizados para a DMC2001 é de US\$ 371.300,00 (trezentos e setenta e um mil e trezentos dólares americanos). Já para a aquisição do scanner SCAI, o preço é de US\$ 208.000,00 (duzentos e oito mil dólares americanos).

Aparentemente, o custo de aquisição dos sensores digitais é muito superior aos sistemas em uso, mas isto é normal em se tratando de nova tecnologia. No entanto, suas vantagens e aplicações fazem com que a relação custo benefício abaixe consideravelmente. De qualquer maneira, é um investimento inicial alto para o mercado brasileiro, ainda mais se esta tecnologia ainda está em aperfeiçoamento. Considerando estes fatos recomenda-se inicialmente a aquisição destes produtos para aplicação em território nacional, visando atender aos objetivos de interesse comum. Para que seja possível a assimilação desta tecnologia no Brasil, é importante que esta seja adquirida através de uma rede cooperativa, para que possa integrar o mercado e institutos de pesquisa (integrando os vários níveis e gerações da comunidade científica em regiões diferentes) à nova realidade, visando desenvolvimento comercial e tecnológico em âmbito nacional. A partir do momento que se trata de equipamentos para pesquisa, exclusivo em território nacional, de acordo com o regulamento aduaneiro, não existem taxas de importação dos equipamento.

7.6 Quanto à produtividade

Os novos sistemas sensores, permitem um imageamento simultâneo de determinada área de interesse. Em um mesmo vôo, pode-se captar informações em pelo menos quatro faixas espectrais - RGB e IR(infravermelho) - com acesso ao seu conteúdo radiométrico. Esta possibilidade é, por si só, um incremento na produtividade dos levantamentos fotogramétricos.

No entanto, o maior salto na produtividade do sistema fotogramétrico como um todo, é a eliminação do scanner do processo. Este fator, em primeiro lugar, economiza o tempo dispensado em revelação e digitalização dos produtos. Minimiza a possibilidade de problemas com filme como por exemplo os oriundos de uma má revelação.

Outro ponto importante, é eliminar um sistema passível de manutenção do processo. Não existe mais a possibilidade de atraso no desenvolvimento dos trabalhos em função da disponibilidade do equipamento, elimina-se a dependência. É também mais ecológico, pois extingue a utilização dos produtos químicos utilizados na revelação, cujo eliminação pode vir a causar danos ambientais.

7.7 Quanto aos recursos humanos

O objeto de estudo em questão, é tecnologia nova, inclusive nos países onde os sistemas sensores vem sendo desenvolvidos. Para que se possa absorver todas as informações sem nenhum tipo de interferência, é importante que os profissionais envolvidos nestes estudos, assim como os profissionais que venham a manipular estes equipamentos tenham um bom conhecimento de idiomas. Desta maneira, este profissional acessa a toda e qualquer informação, preferencialmente, no idioma em que o autor escreveu, não submetendo-se assim a algum erro de tradução em função do desconhecimento da técnica por parte do tradutor.

A automação de uma maneira geral, permite que profissionais sem conhecimento pleno da tecnologia desenvolvam trabalhos obtendo resultados sem confiabilidade. No entanto, os software não exigem que quem o manipula tenha conhecimento da ciência. Porém, este profissional pode cometer erros grosseiros, simplesmente por não dominar a tecnologia em si. De qualquer maneira, ele dificilmente sentir-se-á seguro quanto aos resultados, ou , determinar os parâmetros que o influenciam e ainda, quais outros parâmetros ou resultados aquele produto anteriormente obtido pode vir a afetar em sua utilização prática

É importante exigir que o profissional que venha a manipular esta ou qualquer outra tecnologia, tenha pleno conhecimento da mesma, de forma que consiga garantir qualidade em qualquer que venha a ser o seu resultado.

7.8 Quanto aos equipamentos

7.8.1 Tamanho dos arquivos

Se considerar uma imagem de dimensões 23 X 23 cm, que se deseja digitalizar com uma resolução de 21 μ m, teremos que a quantidade de pixels nesta imagem será de 119.954.648 pixels. Considerando que cada pixel tem uma profundidade de 8 bits, que 1MB tem 1024Bytes e que 1Byte é igual a oito bits, o sistema gera para esta imagem, com esta resolução um arquivo de 117 MB, se estivermos trabalhando em imagem

pancromática. Caso, se esteja trabalhando no sistema RGB, teremos portanto um arquivo de 351MB. Avaliando este fato, ou seja, estar trabalhando com apenas uma imagem gera um arquivo deste tamanho, basta multiplicar pela quantidade de imagens para obter o tamanho dos arquivos quando trabalhar-se com o recobrimento de uma grande área em uma grande escala. Por isso, requer-se equipamentos com grande capacidade de armazenamento e velocidade de processamento para suportar os sistemas.

7.8.2 Compressão de arquivos

O uso do sistema digital em aplicações baseadas em imagens, produz muitas vantagens, mas também traz problemas.

Por exemplo, imagens fotográficas de alta qualidade, contém muitos bits de informação. Existe, portanto, um custo para armazenar e tempo consumido para transmissão entre sistemas. Uma solução típica é empregar algumas formas de compressão de dados. A compressão de arquivos de imagens digitais é desejável por causa dos grandes volumes de dados nas imagens. É especialmente usada em aplicações onde imagens muito grandes tem que ser arquivadas em um espaço de armazenagem limitado ou onde as imagens digitais são transmitidas sobre canais limitados.

Imagens digitais são grandes. Uma imagem fotográfica colorida com qualidade típica (uma continuidade nos tons da imagem com uma profundidade colorida de 8 bits por componente colorido e resolução espacial de 300 dpi), 10 por 8 polegadas, no tamanho consumirá por volta de 20 Mb de memória.

Isto ilustra a necessidade da compressão de dados, o uso do qual tem crescido nos últimos anos. Os sistemas de compressão trabalham por deposição de informações mais eficientes, acham o número mínimo de bits que descreverá o estabelecimento da informação, neste caso uma imagem manterá um nível aceitável de qualidade.

Isso tudo é feito, constantemente, usando técnicas que eliminam redundâncias, por exemplo:

- Repetição nos dados;
- Redundância no caminho dos dados é codificado;
- Redundância entre valores de pixels adjacentes;
- Informações redundantes psico-visuais.

As primeiras três técnicas reconstitutivas de uma imagem que é idêntica ao original, são métodos de menor perda e são julgados na compressão de arquivos proporcionais que é usualmente 2/1 ou 3/1.

A quarta técnica é uma técnica inferior, a imagem reconstituída não é réplica exata do original, assim o sistema de compressão aproxima a imagem incluindo somente informações visuais importantes. Logo, esta introduz distorções.

Compressões com perdas é apropriado para imagens fotográficas com variações pequenas nos valores dos pixels que não são críticos. Na verdade, o sistema fotográfico convencional produz perdas mas podem não ser significativas. Para compressão com perdas, tem como compressão proporcional, a qualidade da descompressão da imagem é um fator.

A técnica de compressão focaliza a redução do número de bits requeridos para representar uma imagem por remoção das redundâncias nas imagens. A razão de compressão (CR) é definida por:

$$CR = \frac{\text{número de bits para imagem original}}{\text{número de bits para imagem comprimida}}$$

É importante notar que o parâmetro CR é definido para uma imagem digital, e desta forma, não diz nada sobre como bem a imagem digital representa a cena do objeto real.

Um parâmetro global deveria estar sujeito a razão simplificada, os níveis de quantificação, granulação de filme, etc.

Para uma imagem digital, atinge-se a razão máxima de compressão quando a imagem codificada resulta na razão bits/pixel igual a entropia. Desta forma, para obter a máxima razão de compressão, primeiro é necessário eliminar ou reduzir as correlações entre pixels, e então codificá-los o mais eficientemente possível.

A idéia básica na compressão de imagens é remover as redundâncias dos dados da imagem. Isto é feito normalmente por mapeamento da imagem para definir seus coeficientes. O resultado desta definição é então quantificado a um número de valores possíveis que são codificados por um método de decodificação apropriado.

Tipos de redundâncias - dados de imagens digitais em suas representações canônicas contém uma significativa quantidade de redundância. Em geral três tipos de redundâncias nas imagens digitais podem ser identificadas:

- a) Redundância espacial, que é devido à correlação entre valores de pixels vizinhos (continuidade de tons de imagem);
- b) Redundância espectral, que é devido à correlação entre diferentes planos de cores ou bandas espectrais (imagem de satélite em sensoriamento remoto);

c) Redundância temporal, que é devido à correlação entre diferentes formas na sequência de imagens (formas de vídeo).

Sem redundância não há compressão. O objetivo da compressão de imagens é eliminar ou reduzir significativamente a redundância - na teoria, fazer imagens livres de redundância.

7.8.3 Aperfeiçoamento de hardware

Devido ao tamanho dos arquivos e a complexidade da modelagem matemática dos software, para processar estes dados, necessita-se de equipamentos com cada vez maior capacidade de armazenamento e velocidade de processo. É em função deste aspecto, que passa-se a exigir aperfeiçoamento não só da tecnologia, mas também de todos os instrumentos utilizados a fim de produzir com eficiência produtos de qualidade.

7.9 Quanto à disponibilização

Com respeito à disponibilidade dos dados oriundos destes sistemas sensores, são necessários cuidados técnicos e conceituais, a fim de garantir os direitos autorais e do proprietários destes conteúdos quando da sua disponibilização para os seus usuários. Sabendo-se da importância da disponibilização destes conteúdos, o dilema se encontra na seleção das mídias de informação - internet, CD, fita dat ou o produto impresso e na elaboração da política de disponibilização.

Devemos considerar este aspecto seriamente, pois não adianta gerar produtos de qualidade que só podem ser exibidos em tela. É importante também ênfase nos produtos de *output* para que sejam disponibilizados no mercado

7.10 Quanto à mudança de paradigma

Toda nova tecnologia passa sempre pelo mesmo processo: lançamento, analogia com o sistema padrão e determinação de outras aplicações e por fim, desenvolvimento. Os sistemas sensores abordados nesta dissertação, encontram-se na fase de analogia com o sistema padrão e determinação de outras aplicações, uma vez que já foram experimentados pelos pesquisadores vinculados a seus fabricantes. Para que possam ser aceitos, devem mostrar-se competitivos ou até superiores aos sistemas atualmente utilizados. É neste intuito que, neste momento, cabe a comunidade científica desenvolvimento de pesquisas para que se comprove a competitividade, aplicabilidade, a vulnerabilidade, e ainda as novas perspectivas de mercado para as aplicações destes novos sistemas sensores, bem como as de seus produtos. É somente a partir deste aval que pode-se pensar em uma mudança de paradigma, considerando, é claro, todos os aspectos acima citados.

8 Referências Bibliográficas

ACKERMANN, F. (1991) Structure Changes in Photogrammetry In: Proceedings of the 43th Photogrammetric Week, Stuttgart, 9-23.

ACKERMANN, F. (1996) Application of Digital Photogrammetric Workstations, Chapter Some Considerations About Feature Matching for the Automatic Generation of Digital Elevation Models, Proceedings of OEEPE – European Organization for Experimental Photogrammetric Research, Lausanne 4 - 6 march, 1996. Official Publication nº 33 – ISSN 0257-0505, pag 231 - 240.

AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING. Manual of photogrametry. Fourth Edition. Virginia: Falls Church, 1980. 1187 p., p. 01-173.

AMORIM, A . A utilização de câmaras de pequeno formato no Cadastro Técnico Urbano. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, SC, 1993.

ANDERSON, P. S. Fundamentos para fotointerpretação. Rio de Janeiro. Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982.

ANDRADE, J.B.; Fotogrametria, Curitiba, Ed. SBEE. 1998.

BÄHR, H. P. & RINGLE, K. Fotogrametria Arquitetural – Teoria e Prática. Instituto de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto. Universidade de Karlsruhe – Alemanha. 1996.

BÄHR, H. P. & WIESEL, J. Cost-benefit analysis of digital orthophoto technology. Digital Photogrammetry Systems. Editor Ebner, H., Herbert Wichmann Verlag GmbH, Karlsruhe, 1991.

BÄHR, H. P. Elementos básicos do cadastro territorial. 1o Curso Intensivo de Fotogrametria e Fotointerpretação Aplicados à Regularização Fundiária, 1o Curso Intensivo de Cadastro Técnico de Imóveis Rurais. Curitiba, 1982, 48p.

BÄHR, H.P., Aplicaciones en Fotogrametría de Imágenes, GTZ, 1991.

BLACHUT, T. J. et ali. Cadastral: various functions characteristics, techniques and the planning of a land records systems. Canada National Commercial, Canada, 1974, 157 p.

BLACHUT, T. J., CHRZANOWSKI, A. SASTAMOINEN, J. H.; Urban Surveying and mapping, New York, Springer – Verlag. 1979, pg. 372.

CAMPBELL, J. B. Introduction to remote sensing, Guilford, Nova Iorque : 1996.

COELHO, A. H. Fotogrametria Digital a Curta Distância Aplicada à Medição da Configuração Geométrica de Elementos de Instalações Industriais – Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFSC, 2000

COELHO, A. H.; ZANETTE, A. P.; MARTINS, J. M. Fotogrametria à Curta Distância Aplicada à Tomada de Dados em Estudos com Restituição Digital de Precisão. Anais do CONEA (Congresso Nacional de Engenharia de Agrimensura), Criciúma, 1999.

DÖRSTEL, C., (1995) Phodis Innovations. In: Fritsch, D. and Hobbie, D. (eds.), Photogrammetric Week'95, Wichmann, Karlsruhe, pp. 5-10.

DOWMAN, I. J. Fundamentals of Digital Photogrammetry. IN: K. B. Atkinson (Edit.). Close Range Photogrammetry and Machine Vision. Scotland: Whittles Publishing. P. 52-77. 1996.

DOWMAN, I. J., EBNER, H. AND HEIPKE, C., (1992) Overview of European Developments in Digital Photogrammetric Workstations. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 58, No. 1, pp. 51-56.

FIGUEIREDO, L. F. Sistema de Apoio Multicritérios para Aperfeiçoamento de Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derrame de Petróleo em Região Costeira do Estado de Santa Catarina – Tese de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2000

FRYER, J. G. *Introduction*. IN: K. B. Atkinson (Edit.). Close Range Photogrammetry and Machine Vision. Scotland: Whittles Publishing. P. 1-7. 1996.

GRUEN, A. *Development of Digital Methodology and Systems*. IN: K. B. Atkinson (Edit.). Close Range Photogrammetry and Machine Vision. Scotland: Whittles Publishing. P. 178-104. 1996.

GRÜN, A. *Report of diverse IDPRS comissions at the Washington Congress*. In: INTERNACIONAL SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING CONGRESS, 17, 1992, Washington, D. C. Proceedings. Washington, D. C.: ISPRS, 1992. P. 154-157.

GRÜN, A. (1989), *Digital Photogrammetric processing systems: current status and prospects*, PE&RS (5) 5, 581-586.

HELLWICH, O .; C. HEIPKE; L. TANG; H. EBNER E W. MAYR (1994) *Experiences with automatic relative orientation*, ISPRS Commission III, Vol. 30, part 3/1, pp. 370-378 München.

HOBBS, A. J. & SHENNAN, I. *Remote Sensing of salt Marsh reclamation in the Wash, England*. In: Journal of Coastal Research. Department of Geography, University of Durhan. UK. p181-198. 1996.

HORNGREN, C.T., FOSTER, G.E DATAR, S.M.; *Contabilidade de Custos*; 9º edição; Editora LTC, Rio de Janeiro, 2000.

KÖLBL, O E BACH U., (1996) *Application of Digital Photogrammetric Workstations, Chapter Tone Reproduction of Photographic Scanners*, Proceedings of OEEPE – European Organization for Experimental Photogrammetric Research, Lausanne 4 - 6 march, 1996. Official Publication n° 33 – ISSN 0257-0505.

KRAMER, H. J.; *Observation of the Earth and Its Enviroment- Survey of Missions and Sensors*; 3ºedição, Editora Spring, Berlin, 1996.

KRAUS K., (1992) Photogrammetry – Fundamentals and Standard Processes, Vol. 1, Dümmler, Bonn, Alemanha, 397 pp.

LOCH ET ALI. Cadastro Técnico de uma região prioritária de Santa Catarina. COLECATE. Florianópolis. 1984. 157 p.

LOCH, C & LAPOLLI, E. M. Elementos básicos da Fotogrametria e sua utilização prática. UFSC, Florianópolis, 1994, 104 p.

LOCH, C. & KIRCHNER, F. F. Sensoriamento remoto aplicado ao planejamento regional. UFPR, Curitiba, 1989.

LOCH, C. A interpretação de Imagens Aéreas. Florianópolis : ed. UFSC, 1993, p. 61-67.

LOCH, C. Cadastro Técnico Multifinalitário – Rural e Urbano. (mimeo), UFSC, 1998.

LOCH, C. Cadastro Técnico Multifinalitário como Base à Organização Espacial do Uso da Terra em Nível de Propriedade Rural. Florianópolis, 1993. Tese, Professor Titular - UFSC.

LOCH, C. Monitoramento Global Integrado de Propriedades Rurais. Séries Didáticas, UFSC, Florianópolis : 136 p., 1990.

LOCH, C.; Cadastro técnico multifinalitário como base à organização espacial do uso da terra a nível de propriedade rural, Tese para o concurso de professor Titular em Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, UFSC, 1993.

LOCH, C.; **LOCH, R. E. N.** Análise da Organização Espacial do Uso da Terra em Propriedades Rurais de uma Microbacia em Porto-Vitória – PR. In: 4º Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio ambiente. Anais. Cuiabá, 04-08 outubro de 1993.

LOCH, C.; Monitoramento do solo: propriedades rurais a nível municipal utilizando técnicas de sensoriamento remoto, Florianópolis, ed. UFSC, 1990.

LOHR,U.; SCHALLER,J. High Resolution Digital Elevation Models for various Applications. 2/99,3-5,Wichmann-Hithig,ISSN 0953-1523,Heidelberg 1999a

LOHR,U.; SCHALLER,J. Trassenbefliegungen mit dem TopoSys Laserscanner, GIS Geoinformations systeme, 2/99,3-5,Wichmann-Hithig,ISSN 0953-1523,Heidelberg,1999 b

MARTINS, J. M. A Fotogrametria terrestre no auxílio a projetos de recuperação do patrimônio histórico. Florianópolis, 1997. 134 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina.

MATTAR, F. N.; Pesquisa de Marketing, volume 1, 5ª edição, Editora Atlas, São Paulo, 1999.

MATTAR, F. N.; Pesquisa de Marketing, volume 2, 5ª edição, Editora Atlas, São Paulo, 1999.

MC KEENA, R., Marketing de Relacionamento, Editora Campus, Rio de Janeiro, 1999

MOREIRA, M. A. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologia de Aplicação, INPE, São José dos Campos, 2001

NOVO, E. M. L. DE M. Sensoriamento Remoto; Princípios e Aplicações. 2a ed., Ed. Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 1992.

PEIPE, J. High Resolution Digital Cameras in Architectural Photogrammetry. IN: XVIIth Symposium CIPA, ANAIS em CD, Recife/Olinda, 1999.

PETRIE, G., KENNIE. T.J.M., Terrain Modelling in Surveing and Civil Engineering, Editora Whittles, Londres,1990.

PHILIPS, J. A Restituição Digital para Fins de Documentação Geométrica de Monumentos e Objetos Industriais. IN: XVII Congresso Brasileiro de Cartografia, ANAIS, Salvador, 1995.

Regulamento Aduaneiro, 31ª edição, Edições Aduaneiras, 2001.

RUTHKOWSKI, E. L. B. Cadastro técnico rural – Situação e expectativa. In: Seminário Nacional de Cadastro Técnico Rural e Urbano, Curitiba, 1987.

SCHALLER J, LOHR U, MANNHEIM K., HACK T. New GIS and Laserscanning Methods for Monitoring Powerline Utilities In: 20th Annual International ESRI User Conference, San Diego, Cal. June 26th-30th, 2000

TAVARES P. E. M. & FAGUNDES P. M. Fotogrametria. Sociedade Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, 1991.

TOMASELLI, A. M. G. et ali. Análise e aplicação da Fotogrametria terrestre no levantamento de monumentos históricos em Presidente Prudente. In: XI Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, Anais, 1983.

TOMASELLI, A . M. G.; OLIVEIRA, C. G. Um estudo sobre a utilização de “scanners” de mesa em Fotogrametria. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 1997, Rio de Janeiro. Anais: SBC, 1997. Comissão IV, p. 18-23.

VOGELSANG, U. (1997) Image Digitalization Using PHODIS SC/SCAL. Photogrammetric Week, 1997, Stuttgart, Wichmann, 25-31pp.

WESTPHAL, F. S. A Fotogrametria digital como ferramenta ao planejamento urbano. Florianópolis, 1999. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

ZEISS, C. Instruction Manual. Oberkochen, 1997.